This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

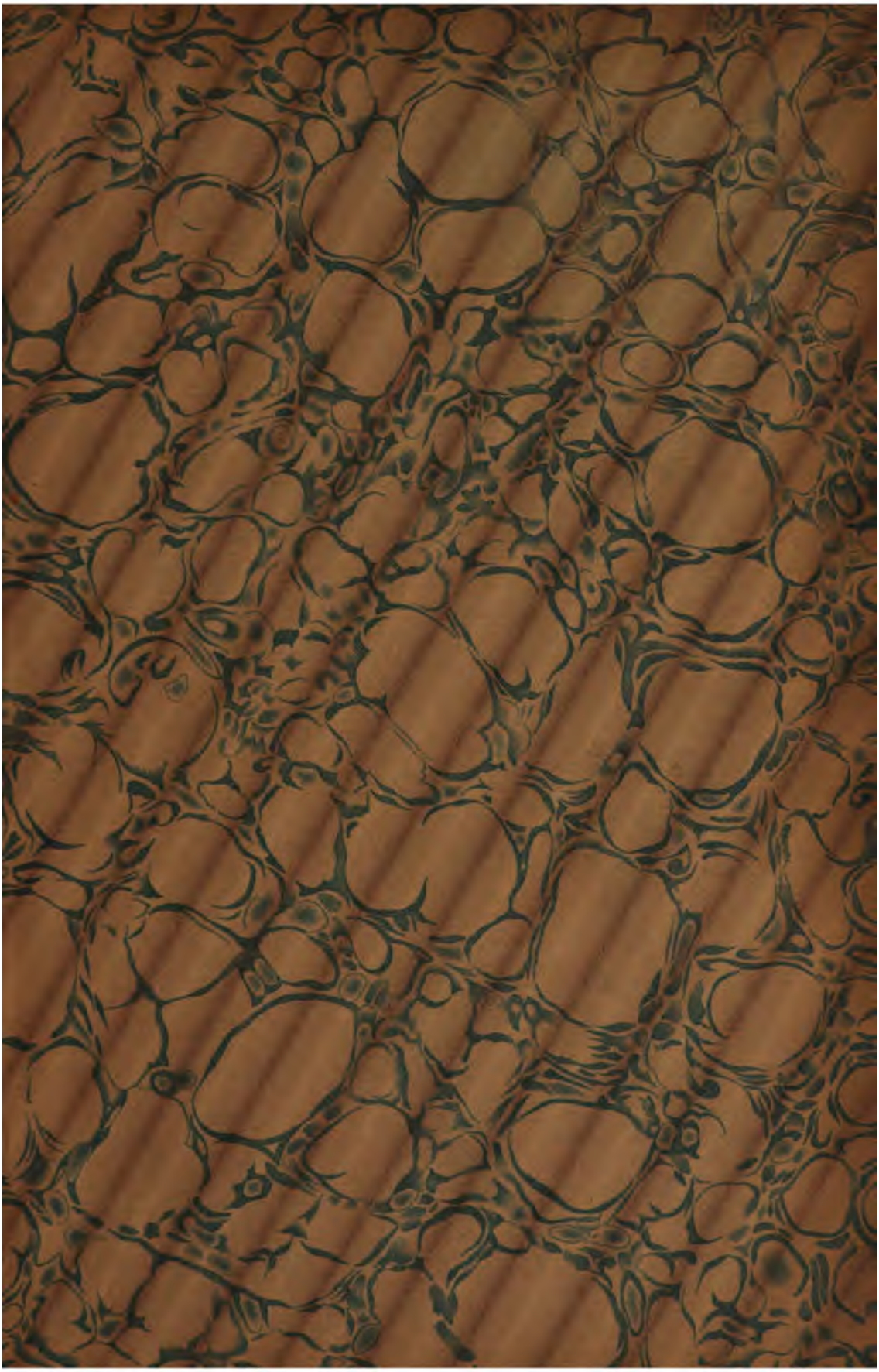
+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`



KF 2078
ARVARD COLLEGE LIBRARY

UGHT FROM THE INCOME OF THE FUND
BEQUEATHED BY
PETER PAUL FRANCIS DEGRAND
(1767-1855)
OF BOSTON

ENCH WORKS AND PERIODICALS ON THE EXACT SCIENCES
ND ON CHEMISTRY, ASTRONOMY AND OTHER SCIENCES
APPLIED TO THE ARTS AND TO NAVIGATION

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

ANNÉE 1893

La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses Membres dans les discussions, ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

FONDÉE LE 4 MARS 1848

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET DU 22 DÉCEMBRE 1860

ANNÉE 1893

PREMIER VOLUME

PARIS

SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ

10, CITE ROUGEMONT, 10

—

1893

~~Sci 1480.134~~
KF 2078

HARVARD COLLEGE
FEB 16 1922
LIBRARY

DEGRAND FUND

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

JANVIER 1893

N° 1

Sommaire des séances du mois de janvier :

1° *Installation des Membres du Bureau et du Comité.* Discours de MM. P. Buquet et P. Jousselin. (Séance du 6 janvier) pages 4 et 20;

2° *Décès* de MM. de Brochocki, A. Cosyns, Jones Hodgson, J. Lebaudy, T. Agudio. (Séances des 6 et 20 janvier) pages 36 et 37 ;

3° *Décorations et nominations* (Séances des 6 et 20 janvier) pages 37 et 38 ;

4° *Prix Montyon, de mécanique,* décerné par l'Académie des Sciences, à M. N. Raffard (Séance du 6 janvier) page 37 ;

5° *Prix Plumey,* décerné par l'Académie des Sciences, à M. A. Normand (Séance du 6 janvier) page 37 ;

6° *Prix Giffard* (Nomination des membres du jury du). (Séances des 6 et 20 janvier) page 37 et 39 ;

7° *Prix Couvreux* (Nomination des membres du jury du). (Séances des 6 et 20 janvier) pages 37 et 39 ;

8° *Lettre* de M. C. Canovetti et observation de M. Bertrand de Fontviolant (Séance du 20 janvier) page 38 ;

9° *Commerce extérieur de la France (Les Moyens de développer le).* Analyse du mémoire de M. Lescasse, par M. E. Bert. (Séance du 20 janvier) page 39;

10° *Charpentes métalliques sur colonnes (Calcul rigoureux des)*, par M. E. Langlois et observations de M. Bertrand de Fontviolant (Séance du 20 janvier) page 41 ;

11° *Régulateurs de vitesse (Les)*, par M. Ch. Compère et observations de M. du Bousquet (Séance du 20 janvier) page 43.

Pendant le mois de janvier 1893, la Société a reçu :

32264 — De M. E. Polonceau (M. de la S.). *Notes sur les expositions d'électricité de Paris 1881, Munich 1882, Steyr 1884, Budapest 1885 et sur l'éclairage électrique de l'Exposition de 1889* (In-8° de 38 p. et 1 pl.). Lille, Lefebvre Ducrocq, 1891.

32265 — Du Ministère du Commerce et de l'Industrie. *Office du travail. Notices et Comptes rendus. Fascicule II* (In-8° de 110 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1892.

32266 — De M. P. Christophe. *Les fondations à l'air comprimé sans incorporation de fer dans les maçonneries, et leur application à la reconstruction de la passe navigable du barrage de rivière* (In-8° de 118 p. et 3 pl.). Bruxelles, Monnom, 1892.

32267 — Du Navy Department. *Annual Report of the Chief of the Bureau of Steam Engineering for the year 1892*. Washington.

32268 et 32269 — De M. Chouet dit Honoré. *Grandes lentilles astronomiques. Grands objectifs photographiques. Grands miroirs télescopiques. Grands réflecteurs calorifiques et autres réflecteurs pour faire des politicums. Projet d'un nouveau calendrier* (In-8° de 78 p.). Paris, Larousse, 1892.

32270 — De M. R. Bonnin. *Revue générale des chemins de fer. Table générale méthodique des Mémoires et documents techniques insérés depuis le 10 janvier 1889 jusqu'au 31 décembre 1891. Table alphabétique par noms d'auteurs*. Paris, Veuve Ch. Dunod, 1892.

32271 — De M. N.-J. Raffard (M. de la S.). *Heat considered as a Mode of Motion* (In-8° de 468 p.). London, 1863.

32272 — De M. B. Tignol, éditeur. *Notions générales sur les matières colorantes organiques artificielles*, par Jules Mamy (In-12 de 72 p.). Paris, B. Tignol, 1893.

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de janvier 1893 sont :

Comme Membres sociétaires, MM. :

L.-G.-M. Albertini,	présenté par MM.	Béliard, Gruner, Chalon.
L.-L. de Banville,	—	Escande, Minder, P. Regard.
G.-M. Basset,	—	Ch. Herscher, E. Bert, Fouché.
A.-A. Beaufret,	—	Polonceau, Durant, de Fréminville.
A.-H. Binet,	—	Badois, Belin, Ch. Garnier.
H. Darras,	—	Broca, L. Francq, Mesnard.
L.-A. David,	—	de Bovet, de Dax, Guilbert-Martin.
L. Dervaux,	—	Jousselin, Vivien, Buquet.
S.-J.-B. Engrand,	—	Polonceau, Constans, Durant.
P.-J. Follin,	—	E. Coignet, Kopp, Mesureur.
F.-P.-A. Hérard,	—	Escande, Lévesque, Minder.
J. Lemaitre,	—	Buquet, Morandière, A. Sépulchre.
L. Meyer,	—	H. Meyer, Remaury, Valton.
A.-M. Milsen,	—	Ch. Herscher, Hébert, Carette.
L.-A. Pelatan,	—	Cacheux, de Nansouty, Remaury.
L. Potterat,	—	de Blonay, E. Guillemin, Guisan.
J. Saxby,	—	Bellet, Falkingham, Forest.
G.-S. de Somer,	—	Gottschalk, de Nansouty, Pontzen.

Comme Membres associés, MM. :

F. Dervaux,	présenté par MM.	Jousselin, Vivien, Buquet.
Ch. Loonen,	—	Ch. Herscher, Jousselin, A. Moreau.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JANVIER 1893

Séance du 6 janvier 1893.

PRÉSIDENCE DE M. P. BUQUET

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Les procès-verbaux des séances des 2 et 16 décembre sont adoptés, ainsi que celui de l'Assemblée générale extraordinaire, pour la modification des statuts, du 2 décembre.

M. LE PRÉSIDENT prend la parole et s'exprime en ces termes :

MESSIEURS,

Avant de vous donner lecture du rapport que je dois présenter à la Société sur l'exercice de 1892, je veux user de mes prérogatives jusqu'au bout, et vous faire part d'une distinction bien méritée, qui a été accordée à l'un de nos plus sympathiques collègues, avant le 1er janvier, par conséquent, pendant l'exercice de 1892. M. le sénateur Reymond a été nommé directeur de l'École Centrale. *(Applaudissements.)*

Vous connaissez tous les services rendus par M. Reymond, je ne dirai pas à l'École Centrale seulement, mais au Génie civil tout entier.

Vous vous rappelez que quand les Chambres, cédant à un entraînement qui s'explique, ont élaboré la loi militaire, on avait placé les Ingénieurs civils dans le droit commun sans tenir aucun compte de l'instruction et des connaissances spéciales et techniques qui les mettent hors de pair.

L'École Centrale, plus spécialement touchée en raison du grand nombre de ses élèves, a dû protester, et sa Direction l'a fait avec une persévérance et une opiniâtreté dont il faut lui savoir gré et qui ont largement contribué au succès. Elle a fini par obtenir ce que j'appellerai un acte de justice ; mais elle a eu besoin, pour cela, du concours d'hommes très autorisés, de nos camarades qui font partie du Parlement, et, parmi eux, en première ligne, de M. le sénateur Reymond. Déjà, il y a plusieurs années, vous l'avez honoré de la présidence de la Société, parce que vous avez compris qu'il fallait lui donner plus de force pour défendre le Génie Civil. Vous savez comment il s'est acquitté

de cette mission; quel dévouement, quelle énergie et quelle activité il a mis au service de nos intérêts!

L'École Centrale, à ses risques et périls, a indiqué la voie à suivre; elle a montré à quels sacrifices il faut se résoudre pour arriver à se faire rendre justice: aujourd'hui, la porte est ouverte et les autres écoles n'ont qu'à suivre l'exemple qu'a donné l'École Centrale, se soumettre aux mêmes exigences pour atteindre le même résultat.

M. Cauvet, après une carrière bien remplie ayant provoqué sa mise à la retraite, il était tout naturel que le Ministre songeât à choisir celui qui, parmi tous, avait le plus de titres à la Direction de l'Ecole Centrale: il a désigné M. le sénateur Reymond.

J'espère que vous vous joindrez à moi pour adresser nos félicitations, non pas à M. Reymond, dont la charge est à coup sûr un peu lourde, mais à l'École Centrale, qui ne peut que se réjouir de la décision ministérielle. *(Bravo! bravo! — Vifs applaudissements.)*

M. P. Buquet, président sortant, prononce ensuite le discours suivant:

Mes chers Collègues,

La tradition veut que chaque Président, à l'expiration de son mandat, adresse à l'Assemblée une sorte de rapport sur les travaux et les faits qui ont marqué l'année qui vient de finir. Je vais m'acquitter de ce soin, aussi brièvement que possible.

Décès:

Je dois, tout d'abord, remplir le triste devoir de vous rappeler nos deuils, de reporter notre pensée vers ceux que la mort a ravis à notre affection.

Nous devons un souvenir et un regret aux quarante-six collègues que nous avons perdus:

M. Bourdin, Directeur des ateliers de Constructions navales de MM. Jollet et Babin.

M. Lainé, Président honoraire de la Chambre syndicale des mécaniciens, chaudronniers et fondeurs.

M. Cuinat, ancien Ingénieur au canal de Suez.

M. Robin, ancien secrétaire d'Eugène Flachat, Directeur de la Compagnie des Asphaltes.

M. Daguin, deux fois Président de l'Association amicale des anciens élèves de l'École Centrale, ancien Président du Tribunal de Commerce de la Seine.

M. Poncelet, Administrateur des Chemins de fer du nord de l'Espagne.

M. G. Roy, manufacturier.

M. de Branville, Ingénieur-Électricien, deuxième Président de la Chambre syndicale des Industries électriques.

M. Delannoy, décoré en 1849, comme élève à l'École Centrale; avait été Ingénieur en chef aux Chemins de fer d'Orsay et de Sceaux.

M. Joyant, l'aimable et distingué Ingénieur en chef de la voie aux Chemins de fer de l'Est.

M. Fockedey, Constructeur d'outils et de machines-outils.

M. Demanest, Ingénieur-Métallurgiste, Administrateur délégué de la Société franco-belge de Somorostro.

M. Lambert Laurent, Ingénieur au bureau du contrôle des Chemins de fer du Midi.

MM. Hippolyte Petin et Lucien Arbel, deux vaillants pionniers, que la mort a frappés, à quelques jours de distance.

M. Michau, ancien Président du Tribunal de Commerce de la Seine, administrateur des Chemins de fer du Nord.

M. Barbedienne, ancien Membre de la Chambre de commerce ; ancien Président de la réunion des fabricants de bronze.

M. Guillet, ancien Maître de forges.

M. de Kronenberg, Ingénieur des sucreries en Russie.

M. Bailly, Ingénieur à Rio-de-Janeiro.

M. Marsillon, Administrateur de la Compagnie générale des Omnibus, inventeur du rail qui porte son nom.

M. P. Simons, Ingénieur auquel sont dus d'importants progrès dans l'industrie céramique.

M. de Laharpe, Ingénieur civil, s'occupait de construction de machines.

M. Coulanghon; avait été Chef de service à la Compagnie des tramways du Nord.

M. Bukaty, Ingénieur au Chemin de fer du Nord de l'Espagne.

M. V. Rose, Professeur à la Chambre syndicale du papier, dessinateur industriel très apprécié.

M. Chauveau, ancien Directeur de fonderies.

Sir James Brunless, ancien Président de l'Institut des Ingénieurs Civils de Londres.

M. Moerath.

M. de Joannis, Administrateur-Directeur des Fonderies de Brousseval.

M. Courtines, Ingénieur civil..

M. Morel, Ingénieur à la Compagnie de l'Ouest-Algérien.

M. Leconte, Ingénieur des Forges et Fonderies de Montataire.

M. Lavalley, ancien Président de notre Société, qui a occupé une place si considérable dans l'Industrie et les Travaux publics, sénateur.

M. Schæck, Ingénieur attaché à la Compagnie du Gaz.

M. Souchet, Directeur des Mines de manganèse de Beira-Baixa (Portugal).

M. Lalo, un des Fondateurs de notre Société.

M. Péligot, notre sympathique collègue, ancien Membre du Comité, qui ne comptait, parmi nous, que des amis.

M. Bouchotte, un des grands minotiers de l'Est.

M. Damey, Ingénieur-Constructeur, ancien maire de Dôle (Jura).

M. Masselin, Administrateur-Directeur de la Société Centrale des Briqueteries de Vaugirard.

M. Yvernès, Ingénieur attaché aux Chemins de fer de l'Ouest-Algérien.

M. Brisse, Ingénieur en chef du desséchement du lac Fucino (Italie).

M. Jouffray, Ingénieur civil.

M. H. Dumont, Ingénieur civil, précédemment Ingénieur des Ponts et Chaussées du gouvernement brésilien.

M. G. Girard, manufacturier.

Chacun d'eux a reçu, à nos diverses séances, l'hommage particulier qui lui était dû ; je me bornerai donc, aujourd'hui, à adresser aux disparus le salut d'adieu de la Société, dont ils ont élargi le domaine, en lui léguant le fruit de leurs travaux et, pour plusieurs, en laissant à côté d'un souvenir à conserver, un exemple à suivre. *(Très bien! très bien!)*

Admissions.

A côté de ceux qui nous quittent, ceux qui nous viennent.

Nous avons admis, cette année, 148 membres nouveaux, dont 17 associés ; parmi eux, beaucoup de jeunes Ingénieurs, qui me permettront de leur rappeler que nous plaçons toute notre confiance en eux.

Si la Société, dans un esprit très libéral, a laissé tomber en désuétude l'article 7 qui exigeait des travaux préalables, c'est uniquement pour abaisser un peu les barrières qui défendaient ses portes et faciliter son accès aux éléments jeunes, auxquels le temps pouvait manquer pour se livrer à des études spéciales ; mais elle n'a point, pour cela, abdiqué ses droits.

Elle doit compter que chacun aura à cœur d'acquitter sa dette envers elle ; nos nouveaux Collègues voudront se montrer les dignes émules de leurs anciens et les continuateurs de l'œuvre de progrès incessant à laquelle nous nous sommes tous voués, en entrant ici.

Décorations françaises.

Huit de nos collègues ont été promus au grade d'*Officier dans l'ordre de la Légion d'honneur :* MM. Aug.-J. Normand ; F.-E. Dehaynin ; Edoux ; L. Dru ; A. Liébaut : G. Menier ; H.-J. Rouart ; X. Rogé.

Vingt-deux ont été nommés *Chevaliers du même ordre :* MM. Deharme ; Guary ; Monnier Asselin ; Bauquel ; Darlot ; Dumont ; Firminhac ; Garnier ; Leblanc ; Sevin ; Vernes ; Cornuault ; Deschiens ; Cholet ; Broca ; Burguion ; Flamant ; Henry-Couannier ; Pluvier et Dupuis.

Les Palmes d'*Officier de l'Instruction publique* ont été décernées à MM. Charpentier ; Girard et Darnay,

Celles d'*Officier d'Académie* à MM. Gibault; Lemoine; Roy; Rousseau; Ferrand ; Berger ; Brancher ; Derennes ;

La croix de *Chevalier du Mérite agricole* à MM. Hardon ; Olive ; Baudet et Cabasse.

Décorations étrangères.

Notre Société n'a pas été moins bien traitée par les gouvernements étrangers ; dix de nos collègues ont été honorés des distinctions suivantes :

Commandeur du Christ de Portugal : M. Blanchard ;

Commandeur du Medjidié : M. Chélu-Bey

Commandeur de Saint-Stanislas de Russie : MM. Berthot et Hallier ;
Officier du Nikam-Iftékar : M. A. Berton ;
Officier du Takowo de Serbie : M. Canet ;
Chevalier du Cambodge : M. Gaune ;
Chevalier de Sainte-Anne de Russie (1re classe) : M. Vernes ;
Chevalier de François-Joseph d'Autriche : M. Abt ;
Chevalier de Léopold de Belgique : M. Loisel ;
Enfin, M. Chélu a reçu du Khédive le titre de *Bey*.

Dons.

Vingt et un membres de la Société lui ont fait don de soixante et un bons de l'emprunt de 1889, montant ensemble à 3 050 *f*.

Ce sont MM. Arrault ; Level ; Kreglinger ; Paponot ; de Bruignac ; Ducomet; Brustlein; Decauville; Poirrier; Sépulchre; Tamy; Loutreuil; Coiseau ; A. Mallet ; L. Martin ; Chalmeton ; de Longraire ; Bougarel ; Maire ; Stapfer ; Augustin Bert.

En outre,

M. Canet a fait don d'une somme de 1 000 *f* ; M. Bélélubsky de 50 roubles, et enfin Mme Morel, en souvenir de la mémoire de son fils, enlevé par une maladie cruelle, à l'âge de trente ans, nous a remis une somme de 1 000 *f*.

Nous renouvelons tous nos remerciements à ces généreux donateurs et spécialement à Mme Morel, qui, en rangeant la Société au nombre des légataires de son regretté fils, lui a donné un témoignage d'estime qui nous a profondément touchés. *(Très bien !)*.

Commissions officielles.

Un grand nombre de sociétaires ont été appelés à faire partie de diverses commissions officielles ; en voici le relevé :

1° *Nominations de membres des Comités chargés de statuer sur l'admission des Exposants français et sur l'installation de leurs produits dans les locaux de l'Exposition universelle internationale de Chicago :*

MM. Sédille ; Bouilhet ; A. Kaindler ; Cacheux ; Hardon ; Linard ; R. Berge ; Chabrier ; Hignette ; Japy ; Lavalard ; Liébaut ; Ronna ; Tresca ; Léglise; Boire ; Menier ; Prevet ; Cirier ; Egrot ; Arbel ; Bresson; Dehaynin ; Deutsch ; Dru ; Ghesquière ; Grimault ; Hallopeau ; Jordan; Létrange ; Rogé ; Schneider ; Vuillemin ; Bourdon ; Delaunay-Belleville ; Domange ; Feray ; Garnier ; Gibault ; A. Piat ; Rouart ; Denis ; Imbs ; Bariquand ; Bérendorf ; Bouhey ; Dehaitre ; Ermel ; Herscher ; Mignon ; Richemond ; Chevalier ; Pontzen ; Binder ; Bixio ; Camus ; Pereire ; Asselin ; Lorilleux ; Poirrier ; Blanchet ; Dumont ; Appert ; Guilbert-Martin ; Maës ; Cornuault ; Durenne ; Bouilhet ; P. Garnier ; Wallaert ; Canet ; Gévelot ; Boas ; Bricard ; Gaget ; Godillot-Alexis ; Grouvelle ; Holtzer ; Carpentier ; Fontaine ; Menier ; Monnier ; Postel-Vinay ; Sautter; Geneste ; Cauvet ; Jacquemart ; Braun ; Darlot ; Laussédat ; Paupier; Baudet ; Bouvard ; Garnier; Guillotin ; Mesureur ; Moisant; Pierron ; Reymond ; Trélat ; Gruner; Remaury.

2° *Membres de la Commission supérieure des Expositions.*

MM. Dietz-Monnin ; Poirrier ; G. Berger ; Prévet ; Richemond ; G. Denis ; Chabrier.

3° *Membres de la Commission préparatoire de l'Exposition universelle de 1900 :*

MM. G. Berger ; Prévet ; Schneider ; Biver ; Ch. Gibault ; Ch. Herscher.

A ce sujet, je veux vous soumettre une observation : après la grande place qu'a tenue notre Société à l'Exposition de 1889, grâce aux travaux, à la science et aux efforts de ses membres, il m'a semblé qu'elle aurait pu être appelée à prendre une place officielle dans la Commission qui prépare l'Exposition de 1900.

La Société y est indirectement représentée par les plus autorisés de ses membres, mais à titre personnel, et nous n'y figurons pas officiellement.

Un sentiment, que chacun de vous comprendra, a interdit au Président de 1892 de faire la moindre démarche en vue de réparer ce qui ne peut être qu'un oubli ; mais il vous demande de charger son successeur d'y pourvoir.

4° M. Liébaut a été nommé *Membre de la Commission supérieure du travail dans l'industrie.*

5° M. Belpaire, notre correspondant en Belgique, a été nommé *Président de la Commission internationale du Congrès des Chemins de fer.*

6° M. Paul Buquet, Président de la Société, a été nommé *Président de la 2e section du Congrès international de Navigation intérieure.*

7° MM. Polonceau et Brüll, nos anciens présidents, ont été nommés : *Vice-présidents de la Commission pour l'étude des méthodes d'essai des matériaux de construction :*

L'un pour la section des métaux ;

L'autre pour la section des matériaux autres que les métaux.

Ces trois distinctions ont été attribuées à nos collègues au titre de « Présidents de notre Société. »

8° Enfin, ont été nommés *Membres du Comité consultatif des Chemins de fer* : MM. Dietz-Monnin ; Reymond ; Prévet ; Richemond ; Level ; Gottschalk ; Camus ; Villard ; Weiller et Guillotin.

Nominations.

M. Ch. Baudry a été appelé aux importantes fonctions d'Ingénieur en chef du Matériel et de la Traction à la Compagnie P.-L.-M.

M. Ch. Bourdon a été nommé Professeur du Cours de construction de machines à vapeur, à l'École Centrale.

Récompenses. Prix divers.

Je vous ai rappelé, il y a un instant, les distinctions honorifiques accordées à un certain nombre de nos collègues par divers gouvernements ; je dois ajouter que d'autres ont eu la satisfaction de voir leurs

travaux justement appréciés et honorablement récompensés par plusieurs Sociétés scientifiques et industrielles :

La Société de Géographie a accordé le prix *Charles Grad* à M. Chélu-Bey, auteur du remarquable ouvrage intitulé : *le Nil, le Soudan, l'Egypte.*

L'Académie des Sciences a décerné :

1° Le prix *Fourneyron* à M. Leloutre, auteur d'un travail sur la théorie de la Machine à vapeur et la théorie de l'Enveloppe;

2° Le prix *Montyon* — Mécanique — à M. Raffard, pour l'ensemble de ses divers travaux et spécialement : la régularisation du mouvement des machines au moyen de l'accouplement élastique.

La Société d'Encouragement a décerné :

1° A M. Berthelot, un prix de 12 000 *f*;
2° A M. Hillairet, un prix de 3 000 *f*;
MM. Courtier, Durenne et Grüner ont reçu chacun une médaille d'or;
MM. Brancher et Burot, chacun une médaille d'argent ;
M. H. Fontaine, une médaille commémorative.

La Société industrielle de Mulhouse a accordé une médaille d'argent à M. J. Garçon pour un travail fort intéressant sur la technologie chimique des fibres textiles.

Enfin, vous-mêmes, Messieurs, vous avez décerné :

1° Le Prix annuel de la Société, *ex æquo*, à MM. Pourcel, dans la section de Métallurgie, et de Coëne, dans la section des Travaux publics.
2° Le Prix François Coignet, à M. Coiseau, section des Travaux publics;
3° Le Prix Michel Alcan, à M. Chaudy, section de Mécanique.

Ces succès, Messieurs, nous touchent directement; remercions donc nos savants et laborieux confrères, et félicitons-les de nouveau. *(Très bien !)*

Congrès.

La Société a été conviée, pendant l'année 1892, à divers Congrès :

1° *Le Congrès des Ingénieurs et Architectes italiens*, à Palerme, où nous étions représentés par MM. Betocchi, de Baritault et Canovetti ;

2° *Le Congrès international de navigation intérieure*, à Paris, dont nous a rendu compte M. Fleury.

A cette occasion, un grand nombre d'entre nous se sont groupés pour offrir un banquet à nos collègues étrangers et aux Ingénieurs, qui nous avaient précédemment réservé, dans leurs pays, les cordiales réceptions que vous n'avez point oubliées. Cette fête tout intime a été, au dire même de nos invités, un des plus agréables souvenirs qu'ils aient conservés de leur passage dans notre hospitalier Paris;

3° *Le Congrès international sur la législation douanière et la réglementation du travail*, à Anvers;

4° *Le Congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences*, à Pau, où nous avions délégué MM. Herscher et Engelmann ;

5° *Le Congrès international des chemins de fer*, tenu à Saint-Pétersbourg et dont nous entretiendront, je l'espère du moins, ceux de nos collègues qui ont pu en suivre les travaux.

M. Belpaire, président de la Commission internationale de ce Congrès, a d'ailleurs bien voulu, sur la demande de M. l'Ingénieur en chef Herzeinstein, nous en envoyer déjà les comptes rendus, et nous devons de sincères remerciements à ces deux collègues qui, à Bruxelles comme à Saint-Pétersbourg, ont pensé à la Société des Ingénieurs civils de France.

Je voudrais que vous fussiez bien pénétrés, mes chers collègues, de l'importance qu'il y a, pour la Société, à ce qu'elle soit régulièrement représentée aux divers Congrès ; l'autorité qui s'attache à vos avis, toujours basés sur la pratique et la connaissance approfondie des questions spéciales qu'on y traite, ne manquerait pas d'accroître le prestige de la Société et de lui faire rendre par tous l'hommage auquel elle a droit.

Que ceux d'entre vous qui y prennent part, à un titre quelconque, ne négligent donc pas de revendiquer leur qualité de membre de notre Société ; je dirai même qu'à mon avis, c'est pour eux un devoir envers elle.

Travaux de la Société.

Je passe maintenant à l'exposé des nombreux travaux, dont vous avez entendu la lecture et qui ont été livrés à vos discussions : la liste en est longue, et j'espère ne faire aucune omission.

Je les classe, autant que possible, suivant la division en sections déterminée par le règlement :

Ire SECTION

Travaux publics. — Chemins de fer, etc.

M. Coignet. — *Analyse de l'ouvrage de M. Crugnola sur les bassins de retenue des lacs artificiels ;* étude très complète de la construction des grands barrages de réservoirs.

Le même : *Les Ruines de Balbeck et l'Isthme de Corinthe*, exposé des travaux du percement de l'isthme dans lesquels on constate des tranchées presque verticales de 80 à 100 *m* de hauteur.

M. Gaudry. — *La Navigation à grande vitesse*, étudiée surtout au point de vue de la marine commerciale, qui devient, le cas échéant, un puissant auxiliaire de la marine militaire.

M. Mallet. — *Description du plan incliné pour transbordement de bateaux*, à Beauval, que plusieurs d'entre vous ont été visiter sur place.

M. M. Delmas. — *Outillage des ports pour la manutention des céréales*, traitant la question de l'emmagasinage et des moyens mécaniques de manutention, suivi d'observations présentées par M. L. Rey.

M. Rey. — Au nom de M. Cornaille, en vue de démontrer que l'invention des silos dits « américains » est bien une invention française.

M. Vlasto. — *Le Premier Réseau des câbles sous-marins français;* exposé des efforts faits et en partie réalisés pour mettre en communication directe la France et l'Amérique du Sud, sans emprunter le secours des câbles étrangers.

La Commission que vous avez désignée pour vous présenter un rapport sur les *Locomotives de l'Exposition de 1889* a publié un travail très nourri et très intéressant; elle était composée de :

MM. Polonceau, président; Deghilage, Pulin, Vallot, Demoulin, tous quatre rapporteurs, et de MM. de Fonbonne, Mallet, Morandière et Whaley, membres.

M. Fleury a fait, sous le modeste titre d'analyse, un exposé complet des travaux du *Congrès de navigation intérieure.*

M. Duvillard. — *L'Assainissement de Paris et le Tout à l'égout.*

M. Duvillard propose d'amener à Paris des eaux prises au lac de Genève, et pense que ce serait là le moyen le plus sûr de rendre possible le « Tout à l'égout ». On sait, en effet, qu'à certaines époques de l'année, le débit de la Seine peut devenir tout à fait insuffisant, pour le cas où elle est chargée de charrier et de diluer les détritus de Paris. Sur cette question, toute d'actualité, il est peut-être regrettable qu'une discussion n'ait pas été demandée; il eût été intéressant d'expliquer que le « Tout à l'égout » ne saurait être traduit par le « Tout à la Seine »; que la Ville de Paris ne peut avoir ni la prétention ni l'intention de gratifier les riverains d'aval des déjections de toute nature qu'elle rejette, et, enfin, il eût été bon de démontrer qu'il ne faudrait pas se baser sur un essai, forcément encore incomplet, pour attaquer et condamner le principe général du système. Je sais bien que le temps des expériences est un temps d'épreuve pour ceux qui en souffrent; aussi est-il urgent d'aviser, à quelque prix que ce soit, à une solution définitive. Je ne désespère pas de voir bientôt cette question reparaître à notre ordre du jour.

M. de Salis. — *Le Matériel agricole.*

Métropolitain. — Chemins à voie étroite.

Nous avons suivi deux discussions pleines d'intérêt :

L'une, *sur les chemins de fer à voie étroite;*

L'autre, *sur le chemin de pénétration dans Paris: le Métropolitain.*

A ces discussions ont pris part ceux de nos collègues qui sont les plus autorisés en pareilles matières : à la première, MM. Coste, Roy, Moreau, Grille, Level, Vauthier, Drouin, Pontzen. L'unanimité des avis ne paraît pas encore acquise à telle ou telle largeur de voie, qui reste naturellement subordonnée à l'importance du trafic, à la dépense sur laquelle on ne paraît pas tout à fait d'accord; chaque cas particulier comporte des coefficients divers dont il faut tenir compte dans l'exécution. Une seule chose reste bien acquise, c'est l'ardente conviction avec laquelle chaque proposition a été, à son tour, préconisée et défendue.

Dans la question du *Métropolitain parisien*, nous avons entendu MM. Bourdon et Chapron, Fleury, Boudenoot, Haag, Charton, Guerbigny, Robineau, Villain, Regnard et Jousselin. Avec ces Messieurs, nous avons traversé Paris dans tous les sens, soit en l'air, soit souter-

rainement. MM. Haag et Villain, auteurs de deux projets également remarquables, étudiés avec le plus grand soin, nous les ont courtoisement exposés avec un réel talent; les objections qui sont opposées, au point de vue technique, tiennent évidemment à ce fait qu'on est surtout frappé des inconvénients que présentent les Métropolitains existants, dont les avantages bien réels restent un peu à l'arrière-plan; de là, une certaine timidité, une certaine hésitation dans la décision. Mais on nous a rappelé que l'idée d'une voie pénétrant dans Paris n'est point nouvelle et a vu le jour dès 1856 (1). Cela nous rassure : une idée qui n'est vieille que de quarante ans est encore assez jeune pour produire des fruits. Verrons-nous la solution? Il appartient aux pouvoirs publics de nous répondre.

M. Roy. — *Note sur le raccordement parabolique des voies*, avec observations de MM. Laffut et Vallot.

M. Ch. Vigreux.—A retracé, dans ses grandes lignes, le projet d'*utilisation industrielle des eaux du Niagara*, tel que l'avait conçu notre très regretté collègue L. Vigreux.

M. Hillairet. — A présenté d'intéressantes observations sur le même sujet; il a fait connaître l'état actuel des travaux en signalant les points sur lesquels le projet exécuté concorde avec celui que, d'accord avec M. Bouvier, il avait présenté pour la partie hydraulique.

M. Morandière nous a signalé l'ouvrage offert par M. Vojacek sur la *Théorie et pratique des voies de chemins de fer*, par M. O. Stane.

M. Lascasse. — *Système de construction protégeant contre les tremblements de terre au Japon.*

IIe SECTION

Méçanique et ses applications.

La circulaire ministérielle du 29 août 1891, relative au train indiqué comme type, pour la détermination des efforts produits pendant son passage sur un pont à une travée, nous a valu les communications de MM. Pillet et Bertrand de Fontviolant : *Épures des moments fléchissants et des efforts tranchants.*

M. Bertrand de Fontviolant. — *Détermination des efforts tranchants maximums.*

Nous avons reçu, en outre, de M. Bertrand de Fontviolant une *Note sur les déformations élastiques maximums des arcs métalliques.* Enfin, le même auteur nous a fait l'exposé de la *Méthode de calcul* qu'il propose pour satisfaire vite et bien aux prescriptions du règlement ministériel ci-dessus rappelé.

M. Langlois. — Nouvelle méthode graphique de détermination des *Moments-limites dans les ponts droits, reposant librement sur deux appuis.*

M. Chaudy, l'un de vos lauréats de cette année. — A publié sous le simple titre de *Notes* un travail de résistance des matériaux : sur les déplacements élastiques dans les arcs; les poutres droites encastrées à

(1) Projet Brame et Flachat.

une seule travée; la résistance d'un solide élastique sous l'action d'une force pivotante et les prismes chargés de bout.

M. Périssé. — *La Production de la vapeur à la raffinerie Say.*

M. Lencauchez. — *La Production de vapeur des chaudières de locomotives, de M. Belpaire.*

Il est intéressant de rapprocher les productions indiquées dans ces deux mémoires, qui relatent les deux points extrêmes de la question : dans l'un, on a la place et on ne redoute pas la dépense; dans l'autre, il s'agit de produire beaucoup, le plus possible, avec un appareil d'un gabarit fixe et immuable.

M. Leloutre. — *Théorie générale de la machine à vapeur; théorie de l'enveloppe;* ouvrage qui représente bien des années d'étude et de travail, couronné par l'Académie des sciences.

M. de Tédesco. — Analyse du travail de M. Canovetti sur le *débit des déversoirs à contractions complètes.*

M. Vallot. — Analyse du travail de M. Yankowski sur la *résistance des terrains sablonneux aux charges verticales.*

M. Casalonga. — Communication sur *une quantité de chaleur, qui traverse toute chaudière à vapeur et qui n'a jamais été comptée;* à la suite de laquelle diverses observations ont été présentées par MM. G. Richard et Badois.

M. de Longraire. — *Note sur l'histoire de l'élasticité des corps solides et de la résistance des matériaux,* qui nous a permis de constater en quelle haute estime les Ingénieurs anglais tiennent la mémoire de Saint-Venant.

IIIe SECTION

Mines et Métallurgie.

M. Brüll. — Nous a rendu compte de l'étude, qu'il a faite sur place, du *bassin houiller du Donetz;* à tous les points de vue: industriel, commercial, social même, il s'est livré à de nombreuses considérations, du plus grand intérêt et dont la Société fera certainement son profit.

M. Vattier. — Nous a transportés au delà des mers; il nous a conduits au Chili, dont il a fait valoir toutes les richesses minières; il n'est pas jusqu'aux régions australes dont on ne puisse, suivant lui, tirer un parti avantageux; les industries diverses, qu'elles sont de nature à alimenter, deviendraient facilement lucratives. M. Vattier regrette que l'élément français ne soit pas plus dominant dans cette Amérique latine qui l'appelle de tous ses vœux.

M. Lencauchez. — Nous a indiqué, avec l'autorité que nous lui connaissons, comment on peut enrichir le gaz de *gazogènes par l'utilisation du calorique qui échappe à la récupération.*

M. Lavezzari. — A présenté une étude très complète du *gaz à l'eau* et de ses principales applications, soit à l'état pur, soit à l'état de mélange à des gaz d'autre provenance.

IVe SECTION

Physique et Chimie industrielles.

Dans le domaine de la physique et de la chimie industrielles, nous devons à :

M. Thareau. — Un mémoire sur la *vapeur surchauffée et le surchauffeur Uhler.*

M. Faucher. — A étudié les diverses classes de *machines frigorifiques*, soit à compression par l'emploi de l'air ou de gaz liquéfiables, soit à affinités. Il termine en réclamant l'organisation, tant désirée, de laboratoires mécaniques; notre nouveau Président pourra reprendre cette question, dont nous nous sommes préoccupés déjà en 1892.

M. de Marchena. — A traité plus spécialement les *machines frigorifiques à air* et leur application à la *congélation des viandes.*

Vous avez, cette année, décidé qu'à l'avenir notre quatrième section comporterait une sous-section pour l'*Electricité et ses applications.*

L'importance des travaux qui vous ont été soumis vous montre combien l'électricité pratique avait droit, ici, à une place spéciale et personnelle.

Nous devons à :

M. Dumont. — L'*Éclairage électrique des gares de chemins de fer* et l'*Eclairage électrique des trains ;* en collaboration avec M. Baignères.

M. Brûll. — L'*Analyse du traité pratique d'électricité de M. Lucas.*

M. Roux. — *Les Compteurs électriques.*

M. Loppé. — Une note sur les *Enclenchements électriques des chemins de fer de l'État.*

M. Jousselin. — L'exposé des dangers des *canalisations électriques dans les villes éclairées au gaz.*

M. Richard. — Nous a expliqué le *scrutateur électrique* de M. Le Goaziou.

M. de Bovet. — Nous a montré quels avantages présente le *touage électrique des bateaux*, qui, *construits* d'après son système, peuvent alternativement fonctionner comme « toueurs » ou comme « remorqueurs » et permettent de supprimer l'opération du « troquage ».

Enfin, M. Heilmann. — Nous a un peu troublés en nous faisant entrevoir les vitesses vertigineuses avec lesquelles pourra nous entraîner sa locomotive électrique, que nous verrons bientôt à l'œuvre.

Vient ensuite une série de communications sur divers sujets, qui entreraient difficilement dans notre classification ordinaire :

M. Casalonga. — Étude sur la réglementation de la *propriété industrielle en Allemagne.*

M. Lippmann. — Deuxième partie du compte rendu de notre *excursion en Hollande ;* je doute que nous ayons tous vu les choses aussi bien et aussi complètement que nous les a rappelées notre sympathique collègue.

M. de Chasseloup-Laubat. — *Voyage en Amérique et principalement à Chicago;* c'est une invite bien engageante à la visite que réclament si gracieusement nos confrères américains.

M. de Dax. — Analyse des documents fournis par M. Corthell sur l'*Exposition de Chicago.*

M. Cacheux. — Du rôle de l'*Ingénieur dans la question du sauvetage.*

M. Polonceau. — Analyse d'un ouvrage de M. Cheysson : *Budget composé de 100 monographies de famille.*

M. Dujardin-Beaumetz. — Analyse du travail de M. Gibon sur la *participation des ouvriers aux bénéfices.*

M. L. Appert. — Analyse et dépôt, avec l'autorisation de M. le ministre du Commerce, du *Rapport de la Commission supérieure du travail.*

M. Level. — Distribution de *Vêtements aux ouvriers.*

M. Benoit-Duportail. — Note sur les *éruptions volcaniques.*

En tout, 34 mémoires publiés aux Bulletins; 18 communications non publiées.

Chronique. — Notes des Correspondants.

M. Mallet, avec un zèle dont nous devons lui savoir gré, a continué la rédaction de la Chronique dans notre Bulletin; je me permets d'insister pour que chacun de vous lui signale les travaux et publications qui vous paraissent de nature à intéresser la Société.

Une de nos préoccupations constantes a été de rattacher plus intimement à nous nos collègues non résidant à Paris; il y a là certainement quelque chose à faire, dans un avenir sans doute prochain, et la recherche des voies et moyens doit rester à l'ordre du jour de nos méditations et de nos discussions; le Comité a apprécié qu'il faut d'abord créer le contact par la communauté des travaux et il a fait un premier appel à la bonne volonté de nos correspondants en province et à l'étranger; cet appel a été immédiatement entendu et, depuis le mois de juin, vous avez trouvé dans les Bulletins, sous la rubrique de « Notes des correspondants », les publications suivantes :

M. Woods, de Boston. — *Les Passages à niveau en Amérique* et *les Eaux de Newton.*

M. Stapfer, de Marseille. — *Le Tramway électrique de Marseille.*

M. Lotz-Brissonneau, de Nantes. — *Explosion d'une chaudière à Thuan-An* (Annam).

M. de Koning, à Nimègue. — *Le Nouveau Projet de desséchement du Zuyderzée* et le *Canal d'Amsterdam à la mer.*

M. de Borodine, à Kieff. — *Rapport de la Commission d'essai de la locomotive compound-tandem des chemins de fer Sud-Ouest russes.*

M. Méhay, Ingénieur des Arts et Manufactures, en Belgique, nous a adressé, par l'entremise de notre ancien Président, M. de Comberousse, un mémoire intitulé : *Nouvelle Unité d'activité proposée pour remplacer le cheval-vapeur.*

Ce premier résultat est fort encourageant; il démontre qu'on peut facilement ce qu'on veut bien, et l'esprit de suite qui préside aux délibé-

rations de nos Comités successifs doit nous être un sûr garant que notre but sera atteint dans un assez bref délai. Nous devons de sincères remerciements à nos dévoués correspondants.

Exposition de Chicago.

Vous avez été tenus au courant des gracieuses invitations que la Société a reçues des Ingénieurs américains à l'occasion de la prochaine Exposition de Chicago, et notre collègue, M. de Chasseloup-Laubat, nous a fait pressentir, dans sa très intéressante communication, toutes les surprises qu'elle réserve au visiteur, à l'ingénieur et à l'observateur.

De plus, il nous a dit quel accueil cordial et fraternel doit nous être fait.

La Société a été admise comme exposant, mais cela n'est point assez ; il faut qu'elle soit dignement et le plus largement possible représentée à Chicago. Il est superflu de revenir sur les considérations d'ordres divers qui viennent à l'appui de cette opinion ; cependant, je ne peux me dispenser de répéter que d'autres nations voisines se préparent à envoyer en Amérique d'importantes délégations et qu'il serait profondément et patriotiquement regrettable que la France se laissât distancer.

La Société des Ingénieurs civils, en ce qui la concerne, ne saurait le permettre.

Situation financière.

Vous avez entendu l'exposé de notre situation financière, fait avec tant de clarté par notre très dévoué trésorier ; elle est satisfaisante dans son ensemble, grâce surtout à la libéralité de plusieurs de nos collègues. Il serait dangereux cependant de trop s'illusionner sur les résultats.

Dans l'excédent de nos recettes sur nos dépenses, les revenus aléatoires et incertains provenant de la location de nos salles entrent pour une somme de 8 000 *f*, ce qui réduit sensiblement le chiffre de l'économie que nous faisons sur nous-mêmes ; il me paraît donc d'une prudente administration de songer, dès maintenant, aux moyens d'accroître nos recettes, et je n'en vois, pour ma part, qu'un seul : le recrutement, car il n'est pas probable qu'on s'arrête jamais à l'idée d'augmenter le chiffre de la cotisation.

Que chacun de vous, mes chers Collègues, ne néglige donc aucune démarche pour nous amener, en l'état actuel, le plus de recrues possible. L'avenir nous montrera si les conditions du recrutement doivent être modifiées ; la question n'est peut-être pas mûre et, pour bien faire les choses, il faut les faire à leur jour et à leur heure.

On y reviendra, j'en ai la ferme conviction.

Bibliothèque.

En effet, pour nous tenir à la hauteur de nos obligations, certaines dépenses s'imposent : la bibliothèque, par exemple.

Elle est loin de renfermer tout ce qu'il serait utile et désirable d'y trouver ; nous devons beaucoup à la générosité des auteurs et de certains

éditeurs ; mais cela ne suffit pas, et le Comité devra forcément voter certains crédits pour compléter nos collections. Nous pourrons publier, en 1893, le catalogue complet des ouvrages et publications ; nous devons ce résultat au zèle de M. Pied, qui ne s'est pas démenti un seul jour au milieu de ce travail difficile.

Modification des statuts.

Votre Comité vous a proposé et vous avez décidé certaines modifications à divers articles de nos statuts.

Cette question est toujours très délicate à traiter ; ici, comme partout, il se forme généralement deux courants : le premier, fidèle, trop fidèle peut-être aux traditions admises, se déciderait volontiers à s'immobiliser ; l'autre, plus ardent, voudrait brûler les étapes ; votre Comité, avec beaucoup de sagesse, à mon avis, a ajourné les impatients et s'est borné à des modifications qui, loin de toucher aux traditions, ne font, en définitive, que les régulariser en les inscrivant comme règle dans notre acte constitutif. Le bureau de 1893 aura à obtenir, de qui de droit, l'homologation qui, seule, peut leur donner force de loi.

Hôtel de la Société.

Il faut bien encore vous entretenir de la reconstruction de l'hôtel de la Société ; c'est là un important problème à résoudre, et vous avez pu constater récemment que, les jours d'élections par exemple, nos salles sont tout à fait insuffisantes.

Nous avons examiné, en 1892, quelques combinaisons un peu différentes de celles étudiées en 1891 et, très probablement, 1893 assistera à un nouveau mouvement. Eh bien ! mon opinion très sincère est qu'avec notre organisation actuelle, nous arriverons difficilement à découvrir la solution désirable.

Chaque année, le Président change, le Bureau et le Comité se transforment et, avec eux, les idées, les avis, ce qui est tout à fait contraire à l'élaboration d'un projet, qui doit être bien raisonné et très sérieusement étudié. J'engage beaucoup mon successeur à vous proposer, à cet effet, la nomination d'une Commission permanente, dont la composition ne saurait être une difficulté pour nous, si toutefois le choix ne devient pas lui-même un embarras.

Administration de la Société.

Le Comité a tenu vingt et une séances et a traité les questions qui lui étaient soumises avec toute l'attention qu'elles comportaient. Je ne peux que remercier mes Collègues du Bureau et du Comité du concours si dévoué, si cordial qu'ils n'ont cessé de m'apporter dans toutes les circonstances ; je ne veux pas être taxé d'ingratitude, et je dois constater que si l'année 1892 s'est montrée, comme je l'espère, digne de ses ainées, elle ne le doit qu'à l'union intime, à la communauté de vues qui n'ont cessé d'exister entre le Président et ses affectueux collaborateurs de chaque jour.

Je ne dois pas, non plus, oublier notre secrétaire général, M. de Dax, dont le dévouement soutenu pendant cinq années d'exercice a reçu sa juste récompense par la concession d'un titre plus en harmonie, d'ailleurs, avec les fonctions qu'il remplit réellement et si bien.

Votre Société, Messieurs, est entourée d'une juste considération ; dans maintes occasions votre Président a pu le constater, et il est heureux de vous reporter, ici même, les marques d'estime qui vous ont été données, en sa personne, dans toutes les réunions ou assemblées devant lesquelles il était appelé à l'honneur de vous représenter.

Il ne tient qu'à vous d'élargir encore la place que vous tenez dans le monde du travail ; continuez à user dans vos discussions, dans l'expression de vos opinions, de cette liberté que j'invoquais en prenant possession de ce fauteuil ; — ne sacrifiez rien de votre indépendance, grâce à laquelle votre autorité s'accroîtra ; mais rappelez-vous, mes chers Collègues, ce vieil adage toujours vrai : « L'union fait la force » ; si vous voulez rester forts, restez unis !

Il y a un an, mes chers Collègues, je prononçais ici ces paroles : « Quoi qu'il advienne, ne désespérons jamais de la patrie ! » Dans les circonstances actuelles, je tiens à les répéter et à les affirmer avec vous.

L'autre jour, en recevant la délégation de l'École Centrale, le premier magistrat de la République voulait bien nous dire qu'il compte sur les hommes de travail ; répondons à son appel ; passons, sans trop nous émouvoir, à côté des bruits de la rue ; chassons toutes ces tristesses, et continuons à travailler avec honneur et courage ! *(Bravos, applaudissements.)*

Mais il est une autre question qui doit sérieusement arrêter notre attention ; c'est la lutte économique, qui devient chaque jour plus intense et dont vous pouvez constater déjà les lamentables effets. Les blessures qu'elle nous fait sont les plus cuisantes et les plus profondes, car elles s'attaquent aux sources vives de la richesse publique et pourraient les tarir, si l'on n'y prend pas garde.

L'expérience se fait, l'expérience est faite : nous jetons dans les bras de l'ennemi, et malgré eux, les peuples mêmes qu'attachaient le plus à nous la communauté des idées, des principes et une amitié séculaire. Leurs sympathies suivront-elles leurs intérêts ? On a le droit de se le demander. Pour maintenir notre influence, pour consolider notre fortune industrielle, on nous dit de porter à l'étranger nos produits, nos personnes, mais on nous fait peu à peu fermer toutes les portes, et, croyez-le bien, cet ennemi qui veille toujours saura mettre à profit les exagérations du système économique qui paraît prévaloir. *(Très bien !)* Nous ne devons pas, évidemment, trop assombrir déjà notre horizon, mais il faut tout prévoir et il est temps de faire machine en arrière ; souhaitons que la vigilance des pouvoirs publics ne soit pas absorbée, ailleurs, par des préoccupations d'un intérêt moins immédiat et moins général. *(Très bien ! très bien !)*

Je vous demande pardon d'avoir aussi longtemps abusé de votre attention ; mais, mes chers Collègues, vous ne pouvez vous en prendre qu'à vous-mêmes : si vous n'aviez rien fait, je n'aurais rien eu à vous

rappeler et c'est seulement quand vous cesserez de travailler que votre Président aura le droit de cesser d'écrire et de parler.

Je n'ai plus, Messieurs, qu'un seul mot à ajouter :

Je quitte la présidence, fier de l'avoir occupée ; heureux et reconnaissant des preuves de sympathie que vous m'avez prodiguées ; plus heureux encore, si vous appréciez que je me suis tenu à la hauteur de votre confiance et que j'ai rempli, à votre satisfaction, le mandat, que j'ai dû surtout à votre bienveillance. *(Bravo ! bravo ! applaudissements.)*

S'adressant à M. Jousselin, nouveau président :

MON CHER COLLÈGUE,

Ma mission est finie, la vôtre commence.

L'honneur de présider la Société vous est dévolu, et vous le devez à une longue carrière, dont les débuts — vous vous plaisez à le rappeler souvent — n'ont pas été sans difficultés ; vous en avez triomphé par votre travail, par votre force de volonté ; vous en recevez aujourd'hui la plus enviable récompense.

Vos goûts et vos aptitudes vous ont porté vers l'étude des applications de l'électricité, cette grande inconnue, qui semble ne laisser qu'à regret pénétrer ses secrets ; c'est ainsi que nous vous trouvons successivement : au Congrès international des Électriciens en 1881 ; Membre du Comité d'organisation de l'Électricité en 1889 ; Membre du jury des récompenses ; et enfin, Rapporteur de la Commission chargée de l'installation de la lumière électrique à l'Opéra.

Nous avons compris, ici, toute l'importance de cette branche des connaissances de l'ingénieur et nous avons reconnu droit de cité à l'Électricité en créant une sous-section spéciale ; c'est à vous que reviendra l'honneur de lui ouvrir toutes grandes les portes de la Société et nous sommes certains que vous y réussirez.

Prenez donc ce fauteuil, mon cher Président ; recevez toutes nos félicitations, et maintenant.... vous avez la parole. *(Longs et vifs applaudissements.)*

M. P. JOUSSELIN, NOUVEAU PRÉSIDENT, après avoir serré la main de M. P. Buquet, prend place au fauteuil et prononce le discours suivant :

MON CHER PRÉSIDENT,

Je vous remercie des paroles flatteuses que vous venez de prononcer à mon égard et qui me touchent profondément.

Je serai heureux de maintenir, après vous, dans la Société, les traditions si cordiales que vous y avez continuées pendant cette année de votre présidence, à l'exemple de vos devanciers.

Ces traditions, recevez-en l'assurance, me serviront de ligne de conduite dans la direction de nos travaux durant le nouvel exercice.

MES CHERS COLLÈGUES,

En m'appelant par vos suffrages à la présidence de notre Société, vous m'avez fait le plus grand honneur de ma vie.

J'avais toujours considéré dans un rêve ambitieux, comme le plus digne couronnement d'une carrière d'Ingénieur, l'honneur d'être choisi par vous pour présider à vos travaux.

Ce rêve, vous l'avez réalisé.

Je tiens donc, avant tout, à vous en exprimer toute ma gratitude en vous donnant l'assurance que je m'efforcerai, dans l'exécution du mandat que vous m'avez confié, de me montrer digne d'une situation dont je suis profondément honoré.

Je sais les devoirs que m'impose mon nouveau titre et j'espère, avec votre affectueux concours, ne pas être inférieur à ma tâche.

En revanche, vous pouvez compter sur mon absolu dévouement.

Je m'efforcerai de conserver à vos séances la direction élevée qui sied si bien à nos travaux; je m'attacherai surtout à resserrer encore, s'il est possible, les liens de confraternité qui doivent journellement nous unir dans nos relations réciproques.

En faisant appel aux traditions de mes prédécesseurs, il en est une que je veux, dès aujourd'hui, continuer.

L'an dernier, à pareil jour, notre distingué président, M. Paul Buquet, qui vient de vous présenter un exposé si lucide des travaux du précédent exercice, vous entretenait des industries chimiques dont il fut l'un des plus remarquables collaborateurs.

Je vais essayer à mon tour, à titre d'Ingénieur électricien, de résumer devant vous, mais d'une manière succincte, l'histoire de l'industrie électrique en France, industrie merveilleuse dont la place est désormais marquée au premier rang dans le développement et l'avenir économiques de notre pays.

J'ai assisté à ses débuts et apporté ma pierre à la construction de l'édifice : à ce point de vue, mes souvenirs, je le crois, pourront offrir quelque intérêt. J'entre donc immédiatement en matière.

C'est en 1840 que la *galvanoplastie*, qui constitue la plus ancienne industrie électrique, faisait son apparition en France.

— Quel était, à cette époque, l'état scientifique de l'électricité?

Sans m'appesantir sur la découverte des premiers phénomènes d'électricité statique ou dynamique, j'aborde de suite l'année 1820 qui marque le point de départ des grandes lois électriques qui se sont succédé en moins de vingt-cinq années.

C'est, en effet, en 1820 qu'Œrsted signala l'action des courants sur une aiguille aimantée, découverte qui eut un retentissement considérable.

Ampère généralisa aussitôt les remarques d'Œrsted dans une loi qui porte son nom, pendant que Barlow, en Angleterre, en faisait une application immédiate en construisant son premier moteur.

Poursuivant ses travaux, Ampère découvrait les lois de l'électrodynamique, tandis qu'Arago, de son côté, découvrait les lois de l'électromagnétisme.

Sept années plus tard, en 1827, Ohms posait sa fameuse loi établissant que l'intensité d'un courant électrique est directement proportionnelle à la force électromotrice et inversement proportionnelle à la résistance du circuit aux extrémités du conducteur.

— En 1831, Faraday, sa basent sur la similitude des phénomènes électrostatiques, découvrait le principe de l'induction magnétique : c'est lui, en effet, qui constata le premier que la fermeture ou la rupture d'un courant électrique traversant un conducteur produisait un courant d'induction dans un circuit voisin ; c'était l'idée-mère de son anneau et de sa machine électromagnétique.

— Deux ans après, il indiquait les lois quantitatives de l'action électrochimique.

Pendant ce temps, Joule se livrait à ses recherches sur les relations entre l'énergie électrique dépensée dans un conducteur et l'échauffement de ce conducteur, et il arrivait à formuler, en 1841, sa célèbre loi établissant que la quantité de chaleur dégagée par un courant est proportionnelle à la résistance du conducteur, au carré de l'intensité du courant et à la durée de son passage.

— C'est en 1843 qu'il faisait connaître, en outre, la loi capitale de l'équivalence de la chaleur et de l'électricité, pendant que, de leur côté, Pouillet et de la Rive se livraient à leurs expériences bien connues sur cette équivalence.

— Dès cette époque, la science est en possession des grandes lois qui régissent les phénomènes électriques, et les applications industrielles vont en découler rapidement :

Commençons par la *galvanoplastie.*

C'est en 1838, à peu près simultanément, que Spencer, en Angleterre, et Jacobi, en Russie, firent la découverte de cette industrie nouvelle, dont les applications les plus variées devaient se développer dans la suite : ils avaient, à l'aide de la pile voltaïque, trouvé le principe de l'électrode soluble, et Boquillon et Murray découvraient, de leur côté, le moyen de prendre sur des corps non conducteurs les empreintes galvaniques.

— De 1840 à 1841, de la Rive, Elkington et de Ruolz donnèrent un essor considérable à cette invention, en indiquant les procédés de dorure et d'argenture par la décomposition électrochimique des solutions alcalines des cyanures d'or ou d'argent dans le cyanure de potassium.

Ce procédé, qui devint la base de la galvanoplastie, prit entre les mains de MM. Christofle une importance considérable : aujourd'hui, cette maison livre annuellement au commerce, en outre de ses autres produits, plus de 80 000 couverts argentés.

Notre collègue, M. Bouilhet, l'un des directeurs de leur établissement, a résumé d'une manière magistrale, dans plusieurs Mémoires, la théorie scientifique de la galvanoplastie, et cette industrie doit certainement à ses remarquables travaux une grande part de son développement.

— L'or et l'argent ne sont pas les seuls métaux qui soient déposés électrolytiquement : on fait avec d'autres métaux, notamment avec le cuivre, le nickel et l'aluminium, des dépôts adhérents de toute nature; l'industrie du nickelage, si répandue aujourd'hui, avait été introduite en France par notre regretté collègue, M. Gaiffe.

Des dépôts électrolytiques d'aluminium se font journellement sur une grande échelle; pour n'en citer qu'un exemple, je rappellerai la tour ajourée en fonte de 167 *m*, à Philadelphie, qui est recouverte à sa base, sur une hauteur de 67 *m*, d'une couche électrolytique d'aluminium.

Parallèlement à la galvanoplastie, une branche-sœur, l'*électro-métallurgie*, a acquis récemment un grand développement dans l'industrie : le raffinage électrique du cuivre se chiffre à lui seul par plus de 7 000 *t* par an, en Europe ; et l'extraction de certains métaux, tels que l'aluminium, n'a pu se faire économiquement jusqu'à ce jour que par les procédés électriques ; je vous rappellerai, en passant, l'intéressante communication qui nous a été faite, il y a deux ans, sur la métallurgie de l'aluminium par notre collègue M. Haubtmann.

Après la galvanoplastie, comme date, la plus importante application de l'électricité qui ait été faite, en France, est celle de la *télégraphie électrique.*

Depuis 1837, une ligne électrique à cinq conducteurs fonctionnait entre Glascow et Edimbourg ; elle avait été montée avec des appareils de Coke et de Wheastone.

En France, la première ligne télégraphique qui fut installée fut celle de Paris à Rouen ; elle fut mise en service par M. l'administrateur Foy le 18 mai 1845.

On y appliqua, dès son début, le télégraphe à signaux reproduisant les signaux de l'ancien télégraphe aérien de Chape. Les appareils furent construits par le célèbre Breguet, qui appartint longtemps au Comité de notre Société. Ces appareils étaient d'une disposition des plus ingénieuses et leur service était des plus faciles pour des employés habitués jusqu'alors à lire les anciens signaux Chape.

A la même époque, Breguet imagina son appareil à cadran avec son manipulateur dit à macarons, dont l'usage, quoique restreint, est encore maintenu sur un grand nombre de points de notre territoire.

Enfin, l'appareil Morse, importé d'Amérique, fut mis définitivement en service dans les postes télégraphiques français, où son usage s'est généralisé et est encore maintenu concurremment avec les appareils imprimants ou autres, à rendement rapide, imaginés depuis lors.

Ces derniers appareils se divisent en trois classes : les appareils avec transmetteurs ou manipulateurs automatiques, les appareils à transmissions simultanées, enfin les appareils à transmissions multiples.

Le type le plus simple du télégraphe à manipulateur automatique a été imaginé par Wheastone ; l'appareil qui est encore employé en An-

gleterre permet d'envoyer couramment deux cents dépêches à l'heure : au lieu de transmettre les signaux avec la clef du Morse, on emploie un système de manipulateur mis en mouvement par une bande de carton sans fin, perforée à l'avance.

— Les appareils à transmissions simultanées, qui permettent d'envoyer simultanément plusieurs dépêches par le même fil, portent le nom de duplex, de diplex et de quatruplex. Ces deux derniers, qui constituent aussi des appareils à transmissions multiples, envoient leurs dépêches dans le même sens.

Le duplex, qui est spécialement employé pour les transmissions par *câbles sous-marins*, permet d'envoyer simultanément deux dépêches en sens inverse sur le même fil.

C'est en 1859 que fut réalisée, sur l'initiative si féconde de l'Angleterre, cette application admirable de la télégraphie électrique : la communication entre les États-Unis d'Amérique et l'Angleterre par un câble sous-marin de près de 4 000 *km* de longueur.

C'est aux travaux de l'illustre William Thomson qu'il faut attribuer le succès éclatant de cette entreprise. C'est lui qui, après avoir étudié les lois d'écoulement de l'électricité dans les câbles immergés, inventa les appareils merveilleux qui assurent encore la régularité du service ; le galvanomètre à réflexion et le siphon Recorder.

L'emploi des câbles sous-marins s'est généralisé, depuis, sur toutes les parties du monde et c'est dans le but d'assurer leur service d'une manière économique qu'ont été appliquées les dispositions Duplex imaginées dans l'origine par Gilt et dont les types les plus employés aujourd'hui sont dus à Cuttress, Muirhead et Ailhaud.

Ces appareils, qui transmettent deux dépêches en sens inverse par le même fil, reposent sur ce principe que l'électro-récepteur de chaque poste est intercalé dans le circuit de transmission et reste en équilibre lorsque ce poste est transmetteur et est, au contraire, actionné lorsque ce poste est récepteur.

Dans le *Diplex*, qui permet d'envoyer deux dépêches dans le même sens sur le même fil, les courants émis par les deux opérateurs sont d'intensités inégales et ne peuvent actionner, par suite, que des récepteurs distincts.

Le quatruplex est le résultat de la combinaison des Duplex et Diplex.

Dans ces appareils rapides réalisant les transmissions multiples, la ligne est mise successivement, et pendant un temps très court, en communication avec quatre ou six employés, occupés à préparer leurs signaux ; au poste d'arrivée, les récepteurs correspondants sont mis aussi en relations avec la ligne aux mêmes instants.

Le système Meyer, basé sur ce principe, a été pendant quelque temps employé en France ; mais on a dû y renoncer parce qu'il ne peut subir, à tous égards, de comparaison avec les appareils imprimants Hughes et Baudot appliqués concurremment dans nos postes et fournissant des résultats absolument pratiques.

Les appareils imprimants présentent l'avantage immense de permettre la remise au destinataire de la dépêche imprimée en caractères ordinaires, telle qu'elle arrive dans la transmission.

Les télégraphes imprimants ont toujours excité les recherches des inventeurs : ils sont très nombreux ; on peut les classer en deux groupes : les premiers, *sans synchronisme*, qui sont les plus simples ; les seconds, *à synchronisme*, qui sont les plus rapides.

Parmi les premiers il faut citer les appareils de d'Arlincourt, de Guillot, de Gatget, de Joly, de Bailhache, du Stock-Exchange, etc., etc.

Parmi les seconds ou *appareils à synchronisme*, les plus parfaits sont l'appareil de Hughes et l'appareil Baudot, lesquels, ainsi que nous l'avons dit, fournissent les résultats les plus pratiques. Ils présentent l'un et l'autre les dispositions les plus ingénieuses sur lesquelles je regrette de n'avoir pas le temps de m'arrêter ici.

Pour terminer ce que j'ai à dire de la télégraphie électrique, je crois devoir rappeler le développement qu'elle a pris dans *le monde entier* en citant les résultats suivants :

Au 1er janvier 1892, les lignes télégraphiques présentaient un développement de 1 420 000 *km* ; les bureaux télégraphiques étaient au nombre de 98 500 et les appareils employés étaient au nombre de 173 000. Les taxes ont produit, en 1891, un total de plus d'un demi-milliard de francs, correspondant à 300 millions de dépêches transmises : on peut ainsi juger du rôle joué dans l'univers par ce puissant auxiliaire de la civilisation.

— Dès l'introduction de la télégraphie électrique en France, les chemins de fer comprirent tout le parti qu'ils pourraient tirer de cette utile invention.

Le télégraphe électrique devint, de suite, l'agent indispensable de l'exploitation des chemins de fer ; il s'y est développé sous toutes les formes, aussi bien comme appareils de correspondance rapide que comme appareils de signaux et, aujourd'hui, la sécurité de l'exploitation de nos voies ferrées est basée d'une manière presque absolue sur l'emploi de l'électricité.

Dans l'origine, on se borna à ne faire usage que de communications télégraphiques réalisées, de gare à gare, par des appareils à cadrans ; on comprit de suite de quel secours ces communications pouvaient être pour les sections à voie unique où l'usage du télégraphe devint indispensable. Aujourd'hui, on emploie concurremment en France, dans nos gares de chemins de fer, le Morse et le cadran : ce dernier tend cependant à disparaître du service.

— Des accidents graves et même de terribles catastrophes, arrivés dans le service des chemins de fer, démontrèrent qu'on ne devait pas s'en tenir, pour assurer la sécurité de la circulation des trains, à l'emploi unique du télégraphe électrique ordinaire.

On songea alors à faire usage de dispositions spéciales qui offriraient toutes les garanties : c'est à l'électricité qu'on demanda la solution de ces importantes questions.

Dans les sections à double voie, pour prévenir les rencontres des trains sur les points où la circulation est la plus active, on emploie le *Block-system* dont les premières applications eurent certainement lieu en Angleterre.

Le Block-system, je le rappelle, a pour but de maintenir, entre les trains qui se suivent sur la même voie, un écartement constant, c'est-à-dire de laisser entre eux l'intervalle d'un cantonnement : un train ne peut alors quitter une station avant que le cantonnement qu'il doit parcourir ne soit débarrassé du train qui le précède ; donc pas de rencontre à craindre entre les trains qui se suivent.

Les premiers Block-system furent appliqués en France sur le réseau de l'Ouest avec les appareils Regnault, sur le réseau de Lyon avec les appareils anglais Tyer.

Le Block-system Tyer, sur le P.-L.-M., fut complété depuis par l'adjonction des appareils Jousselin, appareils à signaux qui fournissent aux stationnaires des indications utiles sur l'état des trains en marche.

Chaque poste du Block, sur l'Ouest et sur le P.-L.-M., est complété par des disques et des sémaphores qui, aperçus des trains, leur répètent visuellement les indications de *voie occupée* ou *voie ouverte* fournies par les appareils.

Sur le chemin de fer du Nord, on se sert du Block-system Tesse-Lartigue, constitué par des sémaphores électriques portant à leur base leurs mécanismes commandés par des électros Hugues et réalisant d'une manière électrique et visuelle le blocage des trains.

Ces appareils sont réellement les plus complets qui existent dans les chemins de fer, et on ne doit pas être surpris, et on ne saurait l'être, du succès si mérité qu'ils ont obtenu dès leur application.

Ces sémaphores sont actuellement en usage sur les réseaux de l'Est et d'Orléans.

La solidarité absolue qu'ils réalisent entre le signal électrique et la position de leurs bras, visibles pour les trains, devait inspirer les Compagnies de l'Ouest et de Lyon qui, depuis, par des enclenchements de forme spéciale, ont établi la solidarité entre les appareils électriques du Block et les signaux protégeant les gares ; c'est dans cet ordre d'idées qu'a été conçu, dans ces dernières années, le nouveau Block-system P.-L.-M., dont le service ne laisse rien à désirer.

— Dans les sections à voie unique, les trains sont signalés par de grandes cloches électriques réparties sur le parcours de la voie et dans les gares : cloches Leopolder à courant continu, mises en action par des commutateurs spéciaux ; cloches Siemens à courants d'induction commandées par des inducteurs à manivelles.

Aux bifurcations ou aux points dangereux des lignes munies de postes Saxby et Farmer, on rencontre sur les divers réseaux des dispositions spéciales : serrures électriques, enclenchements électriques à distance, avertisseurs électriques de toutes sortes, etc., etc., qui assurent d'une manière absolue la sécurité des trains à leur passage.

Si j'ajoute à ces moyens de sécurité les sonneries répétitrices du fonctionnement des disques, les indicateurs électriques de fermeture des aiguilles de croisement des voies, on voit que les gares de nos chemins de fer, en France, sont munies, grâce à l'électricité, d'un outillage suffisant pour prévenir les accidents.

Dans les trains en marche, on s'est servi, pendant longtemps, de la

communication électrique, système Prudhomme, permettant aux voyageurs, en cas de danger absolu, de réclamer par appels de sonneries le secours des agents du train.

On s'occupe de substituer à ce système un mode de communication à l'aide de l'air comprimé ou du vacuum pris sur la conduite alimentant les freins continus actuellement en service sur la totalité des réseaux français ; je dois dire en passant que le succès absolu de ce système de frein a fait abandonner les études qui se poursuivaient sur les freins électriques, dont le frein Achard représentait jusqu'à ce jour la solution la plus heureuse.

Je rappellerai aussi l'avertisseur électrique dit Crocodile, attirant l'attention des mécaniciens devant les disques tournés à l'arrêt. Cet appareil avait été imaginé par notre collègue Forest, avec la collaboration du regretté Lartigue, à qui le chemin de fer du Nord doit l'organisation de son service électrique, service qui n'a pas périclité depuis entre les mains de son successeur, notre collègue Eugène Sartiaux.

Toutes nos Compagnies de chemins de fer, en France, ont, du reste, un service électrique remarquablement organisé. Les Ingénieurs qui dirigent ce service appartiennent tous à notre Société ; tous ils ont fait progresser, chacun sur son réseau, les applications de l'électricité aux appareils de chemins de fer.

L'étendue restreinte de cette communication ne me permet pas d'entrer ici dans des détails particuliers sur leurs travaux ; je me bornerai à citer leurs noms : en première ligne, Georges Dumont, Ingénieur de la Compagnie de l'Est qui, secondé par son collaborateur Baignères, a abordé avec succès toutes les questions de l'électricité des chemins de fer, Émile Chaperon, Ingénieur de la Compagnie P.-L.-M., dont les travaux sont connus de tous ; enfin, sur les chemins de fer de l'État, notre jeune collègue Loppé, qui nous entretenait dernièrement de ses ingénieux enclenchements électriques.

— Avant d'aborder les autres applications de l'électricité : éclairage électrique, téléphonie, transport de l'énergie, accumulateurs-transformateurs et autres questions dont la viabilité industrielle ne remonte guère au delà des quinze dernières années, je désirerais dire quelques mots de l'Exposition internationale d'électricité de 1881, manifestation importante qui peut être considérée comme le point de départ de la réussite des dernières applications électriques et qui a joué un rôle considérable dans le monde scientifique.

— Mais auparavant, je voudrais vous rappeler succinctement l'historique des *moteurs électriques* qui devaient en être la cheville ouvrière.

Les physiciens Faraday, Pixii, Saxton, Woolrich, Wheastone, Cooke et Breit avaient, par leurs travaux, posé les premiers principes de ces moteurs. C'est en 1859 que Nollet imagina le premier moteur à courants alternatifs qui devait servir de point de départ aux conceptions ultérieures.

Vers la même époque, Ruhmkorff construisait la célèbre bobine d'induction qui recevait, dès 1851, ses premières applications industrielles.

Après la mort de Nollet, sa machine fut transformée grâce aux tra-

vaux de Clarke et de Holms poursuivis en Angleterre, concurremment avec les recherches de Masson et de Dumoncel, en France. Elle prit alors le nom de ***Machine de l'Alliance***, et ce fut réellement la première machine électrique qui reçut une application pratique. Elle fut employée, dès 1863, pour l'éclairage des phares.

Vers 1877, notre collègue de Meritens inventait sa machine magnéto-électrique qui est encore employée avec succès par la marine pour l'éclairage des phares.

Le 17 janvier 1867, le Dr Werner Siemens présentait à l'Académie des sciences de Berlin une machine auto-excitatrice qui serait rangée aujourd'hui dans le type série-dynamo.

Quelques jours après, en février 1867, Wheastone présentait à la Société Royale de Londres sa machine auto-excitatrice du type Shunt-Dynamo.

C'est en 1870 que la machine dynamo-électrique de Gramme faisait son apparition. M. Gramme eut le premier l'idée de recouvrir entièrement de fil son anneau métallique et de relier le plus grand nombre de points de l'enroulement à un commutateur à balais pour y recueillir un courant sensiblement constant.

L'invention de Gramme, grâce à la collaboration savante de notre collègue Hippolyte Fontaine, marque une date importante dans l'histoire des évolutions industrielles de l'électricité.

Elle imprima certainement un nouvel élan aux applications qui devaient en découler, notamment à la lumière électrique.

En 1878, Gramme en France, et Siemens en Allemagne, prenaient de nouveaux brevets pour des machines dynamos à courants continus et alternatifs.

A la même époque, on voyait apparaître dans l'industrie les machines à arc de Brush et de Thomas Houston, et, de son côté, Edison construisait en Amérique une machine du type Siemens à laquelle il donnait son nom.

Dès cette époque, on savait très bien qu'une machine dynamo pouvait fonctionner comme moteur quand on lui envoyait du courant. MM. Gramme et Fontaine avaient démontré déjà la praticité de ce fait dans les expériences qu'ils avaient entreprises en 1873 à l'Exposition de Vienne avec leurs dynamos. Nous ne pouvons douter que ces expériences n'aient été, d'ores et déjà, le point de départ du problème de la transmission de la force motrice à distance par l'électricité.

Dans ces dernières années, les machines dynamo-électriques se sont perfectionnées : sans parler des travaux de l'étranger, je citerai la remarquable dynamo de notre collègue Desroziers, qui eut le succès le plus mérité à l'Exposition universelle de 1889.

Je m'empresse de reconnaître, d'ailleurs, que les progrès importants réalisés dans la construction des machines dynamos ont été la conséquence des études théoriques présentées successivement au monde scientifique par MM. Mascart, Cabanellas, Hopkington, Mordey, Walten-Hoffen, Joubert, Kapp, Frolich et beaucoup d'autres.

—J'arrive maintenant à l'Exposition internationale d'électricité de 1881. Toutes les nations avaient répondu avec empressement à l'appel que le Gouvernement français leur avait adressé. Plus de 1 700 exposants se trouvèrent réunis dans le Palais de l'Industrie. C'est à cette Exposition qu'on constata pour la première fois la possibilité de l'*éclairage électrique* de vastes emplacements par les systèmes les plus variés : lampes à incandescence Edison, Swann et Maxim, bougies Jablochkoff, lampes à arc de Siemens, de Wedermann et de Reynier; les appareils téléphoniques de toute nature attirèrent l'attention du public, notamment les téléphones Bell et Edison. C'est là qu'eurent lieu pour la première fois les auditions téléphoniques de l'Opéra; on y vit fonctionner le tramway et l'ascenseur électriques de Siemens; on y put visiter un atelier de constructions mécaniques de la maison Heilmann et Ducommun, de Mulhouse, dont toutes les machines étaient entrainées par un véritable transport de force par l'électricité; enfin, on put s'y rendre compte de la situation exacte de l'industrie à cette époque.

— Dans une des vastes salles de l'Exposition se tenait le Congrès des Électriciens. Tous les plus grands savants du monde avaient apporté le concours de leurs lumières : William Thomson, Helmoltz, Werner Siemens, Wiedmann, Roty, Ferraris, Weber, Rowland, Dumas, Mascart, Blavier, Marcel Deprez et tant d'autres prirent part aux savantes discussions dans lesquelles devaient être examinées les unités électriques proposées par l'Association Britannique en 1863. On put alors se mettre d'accord sur les définitions des unités pratiques dont on se sert couramment aujourd'hui.

C'est ainsi que furent arrêtés les noms suivants, donnés aux diverses unités : le *volt*, unité pratique de force électromotrice; l'*ohm*, unité de résistance électrique; l'*ampère*, unité d'intensité du courant; le *coulomb*, unité de quantité d'électricité; le *farad*, l'unité de capacité d'un condensateur renfermant un coulomb.

Je ne rappellerai pas ici les évaluations mathématiques de ces unités, qui se trouvent dans tous les aide-mémoire. Toutes ces définitions furent confirmées dans trois conférences qui eurent lieu successivement en 1882, en 1884 et en 1889. Dans les deux premières, on arriva à déterminer d'une manière plus précise la valeur de l'ohm, qui était insuffisamment définie : on décida solennellement que cette unité de résistance était *représentée par une colonne de mercure de 1 mm² de section sur 106 cm de hauteur à la température de la glace fondante;* on lui donna alors le nom d'*ohm légal*.

Le Congrès de 1889 compléta la tâche du Congrès de 1881, qui avait réservé les noms à donner à l'unité pratique de puissance et à l'unité pratique de travail : il donna à ces unités pratiques les noms de *watt* et de *joule*.

Le Congrès arrêta aussi définitivement que l'étalon pratique de lumière serait la bougie décimale, dont l'intensité avait été fixée expérimentalement.

L'Exposition de 1881, en outre des progrès qu'elle fit constater *de visu* dans l'industrie électrique, dont les divers spécimens figuraient au Palais

des Champs-Élysées, avait réalisé ce grand résultat de fixer définitivement la valeur des unités électriques. C'est elle qui a eu le mérite d'arrêter ainsi la forme du langage des électriciens qui jusqu'alors manquait de précision.

C'est là un résultat important dont la science, depuis lors, a profité.

L'Exposition d'électricité de 1881 a fait, avec toutes ses conséquences, le plus grand honneur au promoteur de cette belle entreprise, M. Cochery, qui était alors ministre des Postes et Télégraphes.

C'est à partir de l'Exposition de 1881 que *l'éclairage électrique* est entré, en Europe, dans une phase toute nouvelle. Au Palais de l'Industrie, les salles diverses du Congrès, éclairées par les lampes Edison, avaient fait comprendre toute la portée qu'on pouvait tirer des becs à incandescence pour la divisibilité de la lumière électrique.

Comme on ne s'était servi jusque-là que des lampes à arc, l'apparition de la lampe à incandescence produisait une vraie révolution dans l'éclairage électrique.

Aujourd'hui, dans l'état actuel de la science, on est disposé à réserver aux lampes à arc l'éclairage des grands espaces, voies publiques, halles, etc.; quant aux lampes à incandescence, elles semblent devoir être employées exclusivement pour l'éclairage intérieur des maisons, salons, cafés, théâtres, etc.

La lampe à arc, fort ancienne, tient son nom de l'arc voltaïque lumineux qui jaillit entre les deux électrodes de charbons constituant le brûleur; les charbons y sont rapprochés au fur et à mesure de la combustion, par l'action d'un mécanisme régulateur à mouvement d'horlogerie.

Les expériences des premières machines de l'Alliance permirent d'améliorer notablement le service des lampes à arc, qui péchaient quelquefois par l'intermittence de la lumière.

C'est ainsi qu'on vit apparaître successivement les systèmes de lampes à arc les plus variées dues à Serrin, Dubosq, Hermann, Carré, Lontin, de Mersanne, Brush, etc.

Dans ces dernières années, la lampe de Cance, par la simplicité de sa construction et la régularité de sa marche, a pris une place importante dans l'éclairage public.

Elle peut subir avantageusement la comparaison avec la lampe Jablochkoff qui donna lieu, dès son apparition, en 1877, à un engouement très mérité, surtout à cause de sa simplicité (suppression de tout mécanisme régulateur et disposition parallèle des charbons séparés par une matière fusible, le colombin).

La lumière par incandescence, avant Edison, avait donné lieu à d'intéressantes recherches de la part des nombreux physiciens Strait, Star, King, Changy, Laudighine et autres; Edison est considéré comme le créateur de la lampe à incandescence vraiment pratique, telle qu'on l'emploie aujourd'hui. Cependant, presque en même temps qu'Edison, Swann et Laine Fox produisaient en Angleterre une lampe à incandescence à filament de charbon provenant de la combustion du bambou ou d'autres corps organiques.

Aujourd'hui, le filament est constitué exclusivement par un fil mince

de cellulose chimique carbonisé; on est arrivé à payer présentement 3 *f* une lampe que, dans l'origine, on avait payée jusqu'à 20 *f*.

Il y a là un progrès économique qui assure certainement l'avenir de la lampe à incandescence.

— La *téléphonie*, qui est certainement une des applications les plus merveilleuses de l'électricité, n'a pas plus de vingt ans d'existence ; à l'Exposition de 1881 elle était représentée par de nombreux appareils, et, pour la première fois, ainsi que nous l'avons déjà dit, le public fut admis aux auditions téléphoniques de l'Opéra.

Depuis longtemps, on soupçonnait le parti qu'on pouvait tirer des vibrations de corps métalliques pour la transmission ; mais c'est aux travaux combinés de Léon Scott et de Page, en 1855, qu'il faut attribuer l'idée mère de la téléphonie, car ils produisirent les premiers les organes essentiels du téléphone, savoir : la plaque vibrante, soit le transmetteur; la tige vibrante, soit le récepteur.

Reiss, en 1860, et Eliza Gray, en 1874, construisirent des appareils pouvant transmettre des sons musicaux et ayant une certaine analogie avec le téléphone.

Mais c'est au physicien américain Graham Bell que revient l'honneur d'avoir produit, en 1876, à l'Exposition de Philadelphie, le premier téléphone parlant basé sur l'électricité.

Presque en même temps, Edison inventait le téléphone à pile avec bobine d'induction; mais la téléphonie ne devait recevoir une sérieuse impulsion qu'après l'invention par Hughes, en 1877, du microphone.

Depuis cette époque, les transformations des appareils téléphoniques se sont multipliées : grâce à l'habile direction imprimée en France par notre collègue Berthon au service des réseaux de la Société des Téléphones, les communications téléphoniques sont entrées dans une voie absolument pratique ; je ne m'étendrai pas plus loin sur cette question qui me conduirait à parler des diverses espèces d'appareils en usage ; notre Société devant prochainement recevoir, de MM. Dumont et Bernheim, une communication importante sur l'ensemble de cette industrie, je ne me permettrai donc pas d'anticiper sur un programme aussi intéressant.

Emmagasiner dans une sorte de réservoir ou boîte certaines quantités d'électricité qu'on pourrait utiliser en cas de besoin, constituait certainement un programme séduisant qui devait attirer l'attention des électriciens : de là, l'invention des *accumulateurs* dont les applications se sont multipliées considérablement dans ces derniers temps.

L'idée d'emmagasiner l'énergie électrique n'était pas nouvelle; elle remontait au commencement du siècle : Volta, Gautherot, Ritter, Davy, Becquerel père, Mariani, s'en étaient occupés.

En 1842, William Grove avait construit une batterie de cinquante éléments avec laquelle, en outre d'arcs voltaïques, il produisait des décompositions chimiques.

Faraday, Wheastone et Delarive indiquèrent, les premiers, que le peroxyde de plomb ou le minium pouvait être utilisé avec avantage comme dépolarisant, dans les piles primaires.

Gaston Planté paraît être le premier qui ait compris toute l'importance de l'emploi du minium pour la confection des accumulateurs, mais il ne sut pas trouver le moyen pratique de maintenir solidement ce minium contre ses plaques; il n'en est pas moins l'auteur des piles secondaires à électrodes à lames de plomb immergés dans l'acide sulfurique au dixième, et par suite, il doit être considéré comme le créateur des premiers accumulateurs connus.

Il avait dû recourir à des procédés électro-chimiques pour déposer son minium sur les plaques : dans ces conditions, la couche de peroxyde de plomb, à la longue, était suffisamment épaisse pour pouvoir servir directement dans les réactions, mais l'énergie électrique emmagasinée devenait trop faible et par suite la puissance de l'accumulateur se trouvait compromise.

C'est pour remédier à cet inconvénient de la formation trop lente par électro-chimie du peroxyde de plomb que Faure appliqua, en 1880, sur les feuilles de plomb de ses électrodes, du minium qu'il maintint à l'aide de parchemin et de feutre; malheureusement la matière organique était rapidement détruite par l'acide sulfurique et l'accumulateur était bientôt hors de service.

Wolckmar eut alors, en 1882, l'heureuse idée d'enchâsser la matière active dans des alvéoles creusées dans les plaques de plomb, et après lui, Sellon fit emploi de cadres ou grilles de plomb, fondues au moule, et remplies ensuite de minium et de litharge : telle était la disposition de l'accumulateur Faure-Wolckmar-Sellon.

Depuis lors, un très grand nombre d'électriciens ont poussé leurs recherches sur la fabrication pratique des accumulateurs.

Les uns, tels que de Méritens, Reynier, de Montaud, Epsten, Crampton, Dujardin, Tudor, etc., etc., ont modifié la forme primitive de Planté pour augmenter la surface active, tout en cherchant à réduire le poids des éléments ; les autres, tels que Gadot, Frankland, Hering, Verdier, Gilson, Julien, etc., ont perfectionné le système de manière à mieux retenir la matière active dans ses alvéoles, accroitre son adhérence avec la grille et diminuer la décharge à circuit ouvert.

Les efforts développés de toutes parts ont été considérables et aujourd'hui l'industrie chimique est en possession d'accumulateurs répondant en grande partie à ses besoins : les plus employés aujourd'hui sont ceux du Tudor, de Crampton, de Gadot, de Julien, de Rousseau et de Sartia ; un nouvel accumulateur dit multitubulaire, construit récemment par nos collègues Rouart frères, semble devoir fournir également d'excellents résultats.

Quel que soit leur système, les accumulateurs sont devenus les précieux auxiliaires des stations centrales d'énergie électrique ; dans les théâtres et établissements publics, ils servent de réserve, en cas d'arrêt ou d'insuffisance des dynamos; enfin ils sont employés pour l'éclairage des trains, la traction des tramways; nous citerons, entre autres applications, celle faite aux tramways de Saint-Denis par notre collègue Broca, etc., etc.; leur plus grand défaut, auquel, d'ailleurs, on commence à remédier, est leur poids considérable.

Mais ils n'en constituent pas moins un des auxiliaires les plus utiles de l'industrie électrique.

— J'arrive maintenant à la question des *transformateurs*, mais je serai bref.

La bobine d'induction du célèbre Ruhmkorff doit être considérée comme point de départ des transformateurs employés aujourd'hui dans l'industrie électrique. Cet appareil est, à proprement parler, un vrai transformateur; il suffit, pour s'en convaincre, de le rapprocher des divers systèmes de transformateurs imaginés depuis.

Le but du transformateur est de transformer l'énergie électrique fournie sous forme d'un courant de grande intensité, mais de faible force électromotrice, en un courant de faible intensité, mais de grande force électromotrice.

En ce sens, dans l'origine, Varley, Welde, Harrison et surtout Fuller avaient modifié la bobine d'induction industrielle en la munissant de moyens d'excitation spéciaux, dans le but, d'abord, de diviser la lumière et, ensuite, de rendre indépendants les foyers entre eux.

En 1881, MM. Carpentier et Marcel Deprez prenaient un brevet pour un système formé de bobines d'induction pouvant élever le potentiel au départ d'une canalisation, et de bobines semblables, mais disposées en sens inverse, pour abaisser le potentiel à l'arrivée ; c'était bien alors une sorte de transformateur qu'ils réalisaient.

— En 1882, MM. Gibbs et Gaulard brevetaient, sous le nom de générateurs secondaires, des appareils qui n'étaient autres que des bobines d'induction, sortes de transformateurs. A l'aide de leurs dispositifs, Gibbs et Gaulard montaient en tension tous les circuits primaires et les alimentaient au moyen d'un courant alternatif d'intensité constante.

En 1884, ils procédèrent, avec leur système, entre Turin et Lango, à des expériences qui eurent un retentissement considérable ; une étude approfondie du professeur Ferraris, publiée à cette époque, indique que le rendement des appareils à pleine charge avait été de 90 0/0.

Mais, par suite de la disposition des circuits primaires en série qu'il avait cru devoir adopter, Gaulard essaya vainement d'obtenir l'autorégulation de ses transformateurs.

En 1885, MM. Zipernowski, Dairy et Blathy démontrèrent qu'on pouvait obtenir une autorégulation parfaite, si l'on plaçait tous les circuits primaires en dérivation sur la canalisation et les lampes en dérivation sur le circuit secondaire ; à l'Exposition des Inventions de Londres qui avait lieu à cette époque, ils prouvèrent que leur système résolvait le problème. Ils firent usage, en effet, dans des expériences publiques, d'une paire de leurs transformateurs de 10 *ch* qui réduisirent le potentiel du circuit de 1 000 volts à 100 volts ; ce qui était un résultat considérable, quoique leurs travaux soient aujourd'hui contestés par la Société Gibbs et Gaulard !

MM. Zipernowski, Dairy et Blathy, par de nombreuses applications de lumière électrique qu'ils firent depuis lors, démontrèrent qu'ils étaient réellement en possession d'un procédé pratique et industriel de transformation électrique. Grâce à l'intervention des usines du Creusot, qui

ont obtenu en France la concession des procédés Zipernowski, nous pouvons nous attendre à voir bientôt ce système se répandre dans nos cités.

— Comme application des transformateurs je dois rappeler ici la *soudure électrique*, qui constitue la base du travail électrique des métaux.

M. Elihu Thomson a démontré que si l'on amène deux pièces métalliques au contact et qu'on les fasse traverser par le courant énergique d'un appareil disposé *ad hoc*, les points de contact s'échauffent rapidement jusqu'au blanc soudant, avant que le reste des pièces ait eu le temps de s'échauffer. Il suffit alors de pousser jusqu'au contact les deux pièces pour qu'elles se soudent entre elles. Tout le monde a pu voir, à l'Exposition universelle de 1889, souder ainsi des barres de fer de 6 *cm* d'épaisseur en moins d'une minute. Le courant employé, qui pouvait atteindre 50 000 ampères, était distribué par un transformateur.

La soudure effectuée dans ces conditions est facile à faire et présente même une certaine économie. Elle est présentement appliquée à Paris dans la fabrique de bicyclettes de M. Clément pour la soudure des cercles de roues.

Une importante usine a été créée en Amérique pour l'exploitation de ce procédé de soudure qui, à mon avis, présente un certain avenir.

— Vous connaissez, Messieurs, les beaux travaux de M. Marcel Deprez sur le *transport de l'énergie électrique*, travaux qui lui ont ouvert les portes de l'Institut. La théorie du transport de l'électricité a été l'objet, dans notre Société, de communications savantes de notre regretté collègue Cabanellas; je ne ferai que résumer ici l'état présent de la question qui est appelée à jouer un jour un rôle considérable dans l'industrie.

Dès l'origine de ses travaux, M. Marcel Deprez démontra qu'on pouvait transporter l'énergie à grandes distances dans de bonnes conditions de rendement, à condition d'employer des forces électromotrices élevées.

Dans ses premières expériences entre Miesbach et Munich en 1882, il réussit à transporter une puissance de 1/2 *ch* avec un rendement électrique de 40 0/0 et un rendement mécanique de 22 0/0.

L'année suivante eurent lieu les premiers essais du chemin de fer du Nord dans lesquels, avec une force électromotrice de 1865 volts, M. Marcel Deprez réussit à transporter à 17 *km* 3,30 *ch* avec un rendement mécanique de 31 0/0.

Dans les expériences faites ensuite entre Grenoble et Vizille, il transporta à 14 *km* 7 *ch* de force avec un rendement de 70 0/0.

Enfin, en 1885, eut lieu entre Paris et Creil, sur le chemin de fer du Nord, à travers une ligne de 112 *km*, avec une force électromotrice de 5 700 volts, un transport de 40 *ch* avec un rendement mécanique de 53 0/0.

Par la création de son usine centrale de Saint-Ouen, la Société du transport de la force, si puissamment appuyée par MM. de Rothschild, démontre qu'elle est prête à poursuivre ces expériences.

L'utilisation des forces naturelles, hydrauliques ou autres, trouvera dans l'électricité un auxiliaire puissant; sur tous les points du globe,

des applications du transport de force s'effectuent ou sont en cours d'exécution. Dernièrement, en 1891, à l'Exposition de Francfort, on put constater, dans des expériences importantes de transport d'énergie électrique, le rôle considérable des courants continus à l'exclusion des courants alternatifs. A ce sujet, je vous rappellerai les intéressants mémoires qui nous étaient présentés dernièrement encore, d'abord par M. Vigreux, ensuite par notre savant collègue M. Hillairet, sur l'utilisation des chutes du Niagara, installation pour laquelle ce dernier avait dressé lui-même un projet très bien conçu.

Tout porte à croire que le jour n'est pas éloigné où nous pourrons admirer dans toute sa splendeur la réalisation de ce majestueux problème.

L'une des principales applications de l'électricité consiste dans la *traction des tramways*.

Ce mode de traction est peu employé aujourd'hui en France, alors que, dans les grandes cités de l'Amérique, des tramways électriques circulent couramment sur les grandes voies publiques et semblent devoir se substituer d'une manière absolue aux tramways trainés par des chevaux.

Jusqu'à ce jour, les tramways électriques à Paris reçoivent leur force motrice de batteries d'accumulateurs disposés dans la voiture. Le premier essai de ce système a été fait, en France, par notre collègue M. N. Raffard, en mai 1881; puis des expériences par conducteur aérien ont été exécutées par MM. Boistel et Siemens pendant l'Exposition d'électricité de 1881; ces systèmes sont actuellement appliqués aux États-Unis.

Il y aurait peut-être lieu de se servir, en France, comme cela a lieu en Amérique, d'un fil ou câble aérien posé latéralement à la voie, qui distribuerait dans le tramway la force électromotrice nécessaire; il y aurait là une application pratique du transport de l'énergie électrique.

En ce qui touche les locomotives destinées à la traction sur nos grandes lignes de chemins de fer, leur transformation en locomotives électriques est à l'ordre du jour; vous avez entendu dernièrement à ce sujet l'intéressante communication de M. Heillmann sur une locomotive imaginée par lui de toutes pièces.

Le Chemin de fer du Nord étudie la question; le Chemin de fer de Lyon semble disposé à construire la locomotive électrique projetée par MM. Bonneau et Desroziers : nous pouvons donc nous attendre à voir bientôt des expériences qui démontreront si le problème présente réellement des chances de réussite.

— En outre des applications de l'électricité à l'industrie que je viens d'avoir l'honneur de vous exposer, je devrais vous entretenir, mes chers Collègues, de l'horlogerie électrique, qui a en France ses partisans; mais je craindrais de mettre trop longtemps votre patience à l'épreuve; je me bornerai à vous rappeler les travaux des Bréguet, des Froment, des Paul Garnier père et fils, etc., qui ont réalisé dans cette industrie de précision les progrès les plus sérieux, grâce à l'intervention de l'électricité : réglage des horloges à distance, unification horaire, remise à l'heure, synchronisme, etc., etc.

Quant aux autres industries, elles ont fait l'objet, devant la Société, de communications intéressantes. Citerai-je les Mémoires produits dans ces derniers temps : par nos collègues Hillairet, sur les transmissions de force électrique; de Bovet, sur la traction dans les mines et le touage par adhérence magnétique, et d'autres que j'oublie.

Les communications sur l'électricité ont toujours été accueillies avec intérêt par la Société. Nous ne devons pas perdre de vue, d'ailleurs, qu'elle compte parmi ses membres des Ingénieurs électriciens des plus distingués. Pourquoi ne citerais-je pas les noms de nos collègues Hippolyte Fontaine, le promoteur ardent de la machine dynamo; Vlasto, constructeur de l'usine à câbles de Calais; Berthon, si connu par ses travaux sur le téléphone; Hospitalier, le vulgarisateur convaincu de la science dans sa *Revue de l'Industrie électrique*, et de tant d'autres qui ont été cités au cours de cette trop longue communication ?

Ainsi, vous le voyez, mes chers Collègues, si l'industrie électrique a pris dans ces dernières années un développement considérable en France, notre Société a le droit de revendiquer une large part des résultats obtenus.

Nous pourrons donc continuer à attacher, dans le présent exercice, une attention soutenue aux applications de l'électricité présentant une certaine actualité, mais sans négliger, bien entendu, aucune des grandes questions industrielles qui forment le vaste domaine du Génie civil.

A l'œuvre donc, mes chers Collègues ! les temps d'ailleurs nous sont propices !

L'année qui commence nous promet un grand événement scientifique et industriel.

L'Exposition de Chicago va nous ouvrir ses portes.

Les Ingénieurs américains qui ont conservé un souvenir reconnaissant de l'accueil que notre Société leur a fait, lors de l'Exposition de 1889, nous ont adressé leur cordiale invitation.

Nous y répondrons, n'est-ce pas, mes chers Collègues, car nous ne pouvons oublier les liens d'étroite solidarité qui, sans souci de la mer qui nous sépare, font vivre d'une même vie les hommes voués à la solution des mêmes grands problèmes industriels et sociaux.

Nous étudierons à Chicago les merveilles qui doivent y figurer et nous saurons en profiter pour le plus grand avantage de notre génie national.

Nous y aurons nous-mêmes notre place et, dans cette nouvelle et éclatante manifestation du travail, la Société des Ingénieurs civils de France saura, une fois de plus, soutenir dignement l'honneur et le bon renom de la Patrie. *(Bravo ! bravo ! applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer les décès de plusieurs de nos collègues. Ce sont ceux de :

M. le comte de Brochocki, membre de la Société depuis 1880, ancien officier du génie russe ; a été Ingénieur-conseil et propriétaire d'usines de produits chimiques en France et en Angleterre ; s'est occupé en dernier lieu de la construction de ponts démontables de son système. Il était chevalier de la Légion d'honneur.

M. A. Cosyns, membre de la Société depuis 1855; a été Secrétaire puis Directeur de la Société anonyme des usines de Marcinelle et Couillet, dont il était en dernier lieu le Directeur honoraire.

M. Jones Hodgson, membre de la Société depuis 1868; a été Ingénieur-conseil de la Compagnie Européenne du Gaz et de la Compagnie Centrale *l'Union*, à Londres.

M. Lebaudy (Jules) a été raffineur de sucre, Membre de la Société depuis 1873.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer les décorations et nominations suivantes. Ont été nommés :

Officier de la Légion d'honneur : M. Girard (Ch.-A.).

Chevaliers de la Légion d'honneur : MM. Audebert, Beaudet, Boulogne, du Bousquet.

M. LE PRÉSIDENT est heureux de féliciter à cette occasion nos collègues et plus spécialement notre nouveau Vice-Président, M. du Bousquet, en son nom et au nom de la Société. *(Vifs applaudissements.)*

M. Raffard a obtenu de l'Académie des sciences le Prix Montyon de mécanique, et M. A. Normand, le Prix Plumey.

M. LE PRÉSIDENT rappelle qu'à la séance du 20 janvier prochain, la Société aura à désigner trois de ses membres, en dehors du Comité et du Bureau, comme membres du jury du Prix Giffard, et qu'à la séance du 3 février, il devra en être aussi nommé trois dans les mêmes conditions, pour faire partie du jury du Prix Couvreux.

La séance est levée à 10 heures et demie.

Séance du 20 janvier 1893.

PRÉSIDENCE DE M. P. JOUSSELIN, PRÉSIDENT

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de M. le commandeur Thomaso Agudio, membre de la Société depuis 1856. Il donne lecture, à cette occasion, d'une lettre de M. Féderman, qui a représenté la Société à ses obsèques; elle rappelle les travaux et le caractère bienveillant et sympathique de M. Agudio. A peine reçu Ingénieur à l'Université de Pavie, il se rendit à Paris, où il fut admis a l'École Centrale des Arts et Manufactures. Il fut ensuite chef du bureau technique du Chemin de fer de Paris à Mulhouse, lors de sa construction. Il eut plus tard un emploi important à la fonderie de canons à l'arsenal de Turin. Il inventa un système de traction pour fortes rampes qu'il réussit, après mille difficultés, à appliquer au chemin de fer funiculaire de Turin à

La Superga; il y a peu de temps encore, on proposa à M. Agudio d'établir son système de chemin de fer sur les montagnes Rocheuses en Amérique.

M. le Président ajoute que M. Agudio, qu'il a connu et apprécié personnellement, a été, il y a quelques années, un des membres les plus considérables du Parlement italien.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer que la croix de chevalier de la Légion d'honneur a été accordée à MM. Bourdet (Fernand) et Dehaitre (Fernand). M. Bourdet est l'administrateur délégué de la Société des Anciens Etablissements Cail; on lui doit le relèvement de ces établissements. M. Dehaitre est le mécanicien bien connu. Ces distinctions méritées font honneur à la Société.

M. LE PRÉSIDENT dépose la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance, liste publiée plus loin.

M. LE PRÉSIDENT fait donner lecture de la lettre suivante qui lui a été adressée par notre Collègue, M. C. Canovetti :

« Brescia, 31 décembre 1892.

» Monsieur le Président,

» M. de Fontviolant vient de présenter à la Société un mémoire ayant pour but de rechercher le moment fléchissant dans les poutres continues, afin de pouvoir aisément déterminer dans chaque section le moment maximum dû au passage du train-type.

» J'ai eu l'honneur d'entretenir la Société, en 1881, sur le même sujet ; seulement, l'épreuve par charges roulantes n'était alors demandée que pour les ponts pour routes.

» J'ai donc eu pour sujet ces ponts, tout en donnant la plus grande généralité aux formules et aux graphiques.

» M. Bertrand de Fontviolant aura certainement traité la question avec plus d'ampleur et, d'après le *Bulletin*, la nouvelle méthode est aisée et entièrement graphique.

» La solution partielle proposée par moi, il y a déjà onze ans, n'était pas entièrement graphique, et pour les moments sur les appuis, la méthode était assez compliquée, quoique infiniment plus aisée que les formules générales.

» M. de Fontviolant a raison de dire que son but a été de faciliter le travail de nos Confrères, et j'avais eu le même espoir sans y réussir, les ponts pour routes étant plus du domaine des Ingénieurs des Ponts et Chaussées.

» Je serai heureux si, avec l'aide du travail de M. de Fontviolant, on a occasion de reconnaitre que : l'économie qui est attribuée à l'emploi des poutres continues est, pour la surcharge, due à la substitution des charges supposées uniformément réparties à la charge effective.

» Veuillez agréer, etc.

» C. CANOVETTI. »

M. Bertrand de Fontviolant fait remarquer que, — contrairement à ce qui est dit dans la lettre de M. Canovetti, — son *Mémoire sur le calcul des ponts métalliques à travées continues* n'a pas seulement pour objet la détermination des moments fléchissants produits par le passage du train-type, mais aussi celle des efforts tranchants, des réactions des appuis et des flèches élastiques.

M. le Président rappelle ensuite que les membres de la Société ont à procéder à la nomination de trois membres comme membres du jury du prix Giffard.

Ce jury aura à décerner, en même temps que le prix pour le concours 1893, le prix pour le concours 1890, qui a été prorogé en 1893; chacun de ces prix a une valeur de 3 000 *f* environ.

M. le Président croit devoir rappeler les sujets du concours, qui sont:

Pour le prix 1890-93. — Examen des progrès réalisés depuis 1878 dans la construction et l'emploi des machines à vapeur fixes, au point de vue de l'utilisation de la vapeur, du rendement mécanique, de l'entretien et de la durée, ainsi que de leur adaptation aux divers besoins de l'industrie.

Pour le prix 1893. — Etude des divers systèmes de chauffage des habitations, écoles, ateliers, magasins et édifices publics.

Sont nommés : MM. G. Leloutre, J. Grouvelle et F. Delmas.

La parole est ensuite donnée à M. E. Bert pour présenter une *Analyse du mémoire de M. Lescasse sur les moyens de développer le commerce extérieur de la France.*

M. E. Bert indique qu'à la suite de la communication faite par lui sur le même sujet en 1891, un collègue, M. Lescasse, Ingénieur à Yokohama, a envoyé à la Société un très intéressant mémoire.

Ce mémoire est divisé en deux parties : la première est relative à la communication de M. Bert; la seconde concerne un Rapport adressé par un consul anglais à son gouvernement.

D'une manière générale, M. Lescasse est hostile à l'organisation actuelle du service des consulats, et il appuie les critiques déjà formulées devant la Société en 1891.

Il insiste sur la situation de la France vis-à-vis du Japon : la France, qui a été le premier pays importateur au Japon, n'est plus aujourd'hui qu'au quatrième rang et même au sixième, si l'on considère les chiffres proportionnellement à la population.

On trouve dans le Mémoire le détail des marchandises importées au Japon.

M. Lescasse se plaint spécialement du mode de recrutement des consuls : il ne voudrait pas les voir sortir des écoles de droit, mais des écoles d'Ingénieurs ou choisis parmi les anciens industriels.

Il voudrait qu'ils soient maintenus longtemps au même poste et indique les inconvénients des changements fréquents de résidence; il cite à ce sujet ce qui se fait à l'étranger.

M. Lescasse critique vivement la manière dont serait remplie dans certains cas, par nos consuls, leurs attributions judiciaires.

M. Bert rappelle que, pour lui, il a rendu hommage, dans sa com-

munication, à notre corps consulaire, pour la manière dont il s'acquitte de la partie de ses fonctions que l'on peut appeler le service diplomatique; il croit, au contraire, qu'il y a des modifications à apporter en ce qui concerne le service industriel et commercial.

La deuxième partie du travail de M. Lescasse est, comme il a été dit plus haut, relative à un rapport d'un consul anglais à son gouvernement.

La traduction du rapport consulaire par M. Lescasse est du mois de juillet 1892 et la circulaire ministérielle qui avait demandé ce rapport était seulement du 29 mai 1891. Il serait à désirer que nos consuls fournissent aussi rapidement des renseignements à leur gouvernement.

Le rapport du consul anglais est du reste très complet; il traite d'abord des industries textiles : il parle des filatures et donne des renseignements très complets sur toutes les filatures de coton existant au Japon, date de création, noms des propriétaires, nombre de broches, capitaux engagés, etc. Il mentionne quelles sont les importations des étrangers en ce qui concerne la filature, proportion entre le commerce intérieur et l'importation.

Il traite ensuite des métiers à tisser et fournit à ce sujet nombre de chiffres, puis des chantiers de construction des navires, des papeteries, des corderies.

Pour chaque cas, il précise à quelle date ces industries ont été créées dans le pays et s'il y a espoir de créer utilement de nouvelles industries. Il est, dans certains cas, favorable à la création ou au développement de certaines industries et dans d'autres nettement hostile.

Le travail de M. Lescasse contient nombre de renseignements, il est très bien fait ; certaines assertions paraîtront peut-être risquées et M. Bert ne voudrait pas en accepter la responsabilité, mais il n'en sera pas moins très utile à consulter à la bibliothèque.

M. J. Fleury remercie M. Bert de lui avoir donné encore une fois l'occasion de dire tout le bien qu'il pense de notre corps consulaire. Il est bien loin de partager la manière de voir de M. Lescasse et vingt ans de séjour à l'étranger — Orient et Amérique du Sud et du Centre — lui permettent, comme à M. Lescasse, d'avoir une opinion basée sur des faits, et il a pu juger et apprécier nos consuls au moment où ils se trouvaient dans les situations les plus difficiles et même les plus périlleuses.

Il est d'accord avec M. Bert et la plupart de nos Collègues pour tout ce qui est relatif au service diplomatique des consuls.

Quant au service commercial, leurs rapports sont, dit-il, très bien faits et les revues spéciales les plus appréciées ne font en somme que reproduire les renseignements donnés par les rapports consulaires.

Le gouvernement français est certainement très bien renseigné par ses consuls : il a publié pendant longtemps un *Bulletin* qu'il ne publie plus parce qu'il n'était pas lu.

Les consuls, agents officiels du Gouvernement, ne peuvent pas engager nos nationaux par des avis fermes à créer telle ou telle industrie, entreprendre tel ou tel négoce dans un pays déterminé. Ils ne le pourraient pas davantage lors même qu'ils sortiraient d'une école indus-

trielle, ou seraient eux-mêmes d'anciens industriels au lieu de sortir de l'Ecole de droit ou de l'École des Sciences Politiques.

Il y a trop d'aléa en pareille matière et un Gouvernement ou un personnage officiel ne peut ni ne doit donner des conseils de cette nature.

M. Fleury ne voudrait pas voir créer une nouvelle couche d'agents consulaires dits agents commerciaux. Ce serait, d'après lui, une charge inutile pour le budget. Tout en rendant hommage à notre personnel consulaire, à son zèle et à son dévouement, supérieur, dit-il, à tous les éloges, il ne conteste pas, toutefois, qu'il ne puisse être apporté quelques perfectionnements de détail à ce service si important et si complexe.

Mais il ne croit pas que ce soit là véritablement le moyen de développer le commerce extérieur de la France. Le moyen, pour M. Fleury, consiste à abaisser les barrières qui gênent la circulation des produits; qu'on supprime les droits de douane, notre génie industriel ne peut que se développer quand l'échange sera devenu libre.

M. E. Bert croit nécessaire de répliquer d'un mot à l'argumentation de M. Fleury. Il ne faut pas mêler deux questions absolument distinctes : la question des tarifs de douane et celle de notre représentation consulaire à l'étranger. M. Fleury prétend que la suppression des droits de douane serait le meilleur moyen de développer notre commerce d'exportation; il oublie qu'il s'agit de taxes établies par des États étrangers et qu'il ne dépend pas de nous, Français, de les modifier.

Quant à ceux que le Parlement français a établis, ils n'ont aucun rapport avec la question examinée; d'ailleurs, ils sont trop récents pour qu'on puisse encore savoir quels en seront les effets; il faut attendre les résultats de l'expérience, sans récriminer; on pourra plus tard juger le système à ses fruits.

M. Bert pense avec l'auteur du mémoire que, pour que les produits français occupent sur les marchés étrangers le rang qui devrait leur appartenir, il est indispensable que les industriels et commerçants français soient exactement renseignés sur ce qu'ils peuvent y importer utilement et y vendre.

M. Bert ne veut pas insister sur l'importance des renseignements que peuvent fournir les consuls à leurs nationaux au point de vue industriel et commercial, et, à ce point de vue, il est incontestable que notre organisation est bien inférieure à celle de l'Angleterre, de la Belgique et de la Suisse.

M. le Président remercie M. Bert de son intéressante analyse du rapport de M. Lescasse et M. Fleury des observations qu'il a présentées à cette occasion. La question de l'organisation consulaire est très importante : on a beaucoup parlé sur ce sujet; il ne sera peut-être pas inutile de rouvrir prochainement une discussion sur ce point.

La parole est donnée à M. L. Langlois pour sa communication sur *Le Calcul rigoureux des charpentes métalliques sur colonnes.*

M. L. Langlois s'excuse tout d'abord de l'aridité du sujet et du jeu de nombreuses formules algébriques très complexes auxquelles il est forcé d'avoir recours dans son travail; mais il y a une circonstance atténuante, c'est l'économie des résultats auxquels il aboutit.

Il établit d'abord une classification des charpentes sur colonnes.

Type 1. — Ordinairement employé, à colonnes reposant sur des dés en maçonnerie, reliées aux fermes proprement dites par des consoles ou par des jambes de force.

Type 2. — Colonnes encastrées à la base recevant, sans consoles ni jambes de force, la ferme proprement dite qui repose simplement sur leur sommet.

Type 3. — Recommandé par M. Langlois, à colonnes encastrées à la base et reliées en leur sommet à la ferme proprement dite, par des liens ou jambes de force.

Une démonstration très simple fait ressortir ensuite l'économie que doit procurer l'emploi du type n° 3.

M. Langlois donne alors un exposé succinct des méthodes analytiques qu'il emploie pour calculer rigoureusement les fermes du type n° 3 et tirer parti des avantages qu'elles présentent.

Des projections lumineuses montrent ensuite des vues d'ensemble et de détail des nouveaux ateliers de la Société des Générateurs Collet, dont la partie métallique a été étudiée par M. Langlois.

Les caractéristiques de cette installation sont les suivantes :

Surface couverte.	2 270 m^2
Poids total des fers	96 500 *kg*
Poids au mètre carré.	42 *kg*

Le système recommandé conduit, par suite, à une économie considérable.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Langlois de son importante communication : il semble difficile de réaliser des charpentes plus légères et plus économiques que celles qu'il vient d'indiquer.

M. LE PRÉSIDENT demande à M. Langlois si l'on ne pourrait arriver aux mêmes résultats par la statique graphique, en évitant les calculs laborieux qu'il vient d'exposer.

M. LANGLOIS répond que l'on peut effectivement utiliser la statique graphique et il se réserve de faire une nouvelle communication sur ce sujet lorsqu'il sera arrivé à des résultats absolument pratiques à ce point de vue.

M. LE PRÉSIDENT demande à M. Langlois de chiffrer l'économie à laquelle il arrive.

M. LANGLOIS répond que la différence de poids peut atteindre, en moins, 35 à 45 0/0, soit environ 25 0/0 d'économie sur les prix.

M. BERTRAND DE FONTVIOLANT a remarqué tout à l'heure que M. Langlois a parlé de projets étudiés comparativement, de façon à établir quel est celui des trois types de fermes 1, 2 et 3 précités, qui présente la plus grande économie ; il voudrait savoir si la comparaison a porté sur la dépense totale, y compris les maçonneries, ou seulement sur la partie métallique des fermes. Il est évident qu'à égalité de profondeur, le cube

des fondations est moindre avec le type 1, où les colonnes sont simplement appuyées à leur base, qu'avec les types 2 et 3, où elles sont encastrées.

M. L. Langlois répond qu'il a tenu compte du coût des massifs de fondations, qui ne modifie pas ses conclusions, le prix du mètre cube du béton de fondation étant très faible à côté de celui des fers.

M. Bertrand de Fontviolant ajoute qu'il n'est pas entré dans sa pensée de formuler une critique à l'adresse du système préconisé par M. L. Langlois ; il a seulement voulu être fixé sur un point qui lui semblait avoir besoin d'être précisé.

La parole est ensuite donnée à M. Compère pour sa communication sur *les Régulateurs de vitesse.*

M. Compère rappelle tout d'abord que la question a déjà été beaucoup étudiée, mais surtout théoriquement, et s'il prend la parole sur ce sujet, c'est qu'il a à faire connaître quelques conclusions pratiques auxquelles l'ont amené les longues études et les nombreuses expériences qu'il a faites pendant son séjour au Creusot. Ces travaux l'ont amené à conclure que le meilleur régulateur est encore l'appareil de Watt, modifié légèrement dans sa forme de façon à devenir le type Porter à grande vitesse.

M. Compère indique les circonstances qui l'ont amené à entreprendre ces études : le Creusot désirait adopter pour les machines qu'il construisait un type de régulateur qui donnât entière satisfaction. En 1879, M. Barba, Ingénieur en chef du Creusot, avait pensé trouver la solution de cette question dans un système de contrepoids ajoutés au levier du manchon d'un régulateur quelconque et permettant de faire varier à la fois la vitesse de régime et le degré d'isochronisme, c'est-à-dire l'écart entre les vitesses correspondant aux positions hautes et basses des boules. Un régulateur fut construit sur ces bases, mais ne donna pas de résultat satisfaisant.

M. Compère fut ainsi conduit à étudier les causes de perturbations qui pouvaient paralyser le fonctionnement théorique du régulateur ; la remarquable étude que M. Marié avait fait paraître dans les *Annales des Mines* sur les régulateurs à l'Exposition de 1878 servit de base à son travail.

Dans cette étude, M. Marié montre que les perturbations dans la marche des régulateurs sont dues :

1° Aux frottements ;

2° A l'inertie radiale des pièces en mouvement ;

3° A la vapeur emmagasinée entre l'organe de réglage de la puissance actionné par le régulateur et le cylindre proprement dit.

Il convient, d'ailleurs, de remarquer que la question des régulateurs comporte avec elle le mode d'action de l'appareil sur la puissance et qu'à ce point de vue il faut distinguer les régulateurs faisant varier la détente et les régulateurs agissant sur la pression par l'intermédiaire d'un papillon ou autre organe analogue.

Le régulateur à détente est, d'après M. Compère, préférable au régulateur à papillon.

Les nombreuses machines du Creusot, qui présentent des types de régulateur très variés, ont fourni à M. Compère un vaste champ d'expériences pour ses travaux, qu'il divise en trois parties :

1° Étude des causes de perturbations dans le fonctionnement des régulateurs ; freins à huile ;

2° Étude sur le mode d'action des régulateurs sur la puissance : régulateurs à valve, régulateurs à détente ;

3° Étude d'un dispositif permettant de résoudre la question théorique des régulateurs.

M. Compère conclut en répétant ce qu'il a dit plus haut, que le meilleur régulateur est le régulateur de Watt attaquant la détente, mais le régulateur bien construit, c'est-à-dire sans frottement.

M. LE PRÉSIDENT demande si on peut appliquer ces dispositions aux machines Corliss.

M. COMPÈRE répond affirmativement. Il ajoute que pour les régulateurs attaquant la détente, il est moins nécessaire d'avoir un régulateur parfait ; la perfection est surtout nécessaire pour les régulateurs attaquant les papillons ; il importe au plus haut degré, dit-il, d'éviter un serrage excessif de la garniture.

M. DU BOUSQUET fait remarquer qu'il y a aussi le recul du papillon sous l'influence de la pression de la vapeur qui occasionne un frottement considérable dont beaucoup de personnes ne se rendent pas compte.

M. COMPÈRE dit que M. Marié a publié, en dehors du travail précité sur les régulateurs, qui date de 1879, une seconde étude très importante et qui ne remonte guère qu'à 1888. Elle est relative aux régulateurs à papillons ; elle est très pratique et on peut en quelque sorte la considérer comme une note d'atelier.

M. LE PRÉSIDENT remercie vivement M. Compère de sa communication très intéressante et très instructive pour les Ingénieurs qui ont tous plus ou moins à s'occuper des questions de machines à vapeur. Son travail contient des observations et des indications dont ils pourront tirer le plus grand profit.

La séance est levée à 10 heures trois quarts.

NOTE

SUR

UNE LOCOMOTIVE ÉLECTRIQUE

PAR

M. J.-J. HEILMANN

Dans un précédent Mémoire, nous avons exposé les bases de notre système de traction électrique, et indiqué les raisons qui le motivent. D'une part, la nécessité d'atteindre de grandes vitesses; d'autre part, la difficulté de dépasser de beaucoup les vitesses actuelles avec les locomotives ordinaires, nous ont conduit à actionner par des moteurs électriques un certain nombre d'essieux du train, et à alimenter ces moteurs par une usine roulante qui précède ou suit le train. L'adoption de ce système entraîne naturellement à diverses modifications dans le matériel roulant; aussi avons-nous essayé, pour une première expérience, de simplifier le problème autant qu'il était possible de le faire, et nous sommes-nous arrêté à construire simplement une locomotive à grande vitesse et adhérence totale. Cette locomotive porte une chaudière, une machine à vapeur et une dynamo, et le courant produit est envoyé à des réceptrices qui actionnent tous les essieux du train.

La locomotive ainsi construite possède, entre autres avantages, celui d'utiliser son poids total pour l'adhérence; elle fonctionne à toutes les vitesses sans roulis ni galop, puisqu'elle n'a ni bielle ni contre-poids; enfin les charges par essieu se trouvent sensiblement réduites.

Il est intéressant de remarquer les progrès énormes qu'a faits la traction électrique depuis quelques années: les tramways électriques fonctionnent par centaines en Amérique; la ville de Londres a un chemin de fer électrique souterrain; enfin, divers pro-

jets de traction à grande vitesse ont été élaborés et seront sans nul doute réalisés.

Parmi ces projets, nous citerons celui de M. Zipernowsky, qui a proposé de construire de Vienne à Budapest un chemin de fer où la vitesse maxima serait 250 *km* à l'heure. Cette ligne serait desservie par des voitures isolées, partant à des intervalles très rapprochés, et prenant le courant sur un conducteur fixe posé le long de la voie. Ce courant devrait être fourni par une seule station et envoyé à haute tension à des stations secondaires qui l'auraient transformé en courant de basse tension à envoyer dans la ligne. M. Adams a, de son côté, proposé de relier Chicago à Saint-Louis par une voie en ligne droite desservie de la même façon. Son projet est combiné avec l'exploitation d'une mine de houille située vers le milieu de la ligne et dont les poussiers sont brûlés sur place pour la production de l'électricité. Les voitures de M. Adams ont l'avant en forme de coin, de façon à diminuer la résistance de l'air et à presser en même temps l'avant du véhicule sur la voie.

Divers autres projets ont été élaborés, fondés presque tous sur l'emploi de conducteurs fixes. Toutefois, cette solution ne peut guère s'appliquer qu'à des lignes à créer entièrement, mais il serait difficile de concevoir une transformation totale des lignes existantes, basée sur l'emploi des conducteurs aériens.

D'ailleurs cette transformation en elle-même constituerait une demi-mesure, par la raison que la traction électrique permet de reculer la limite des vitesses plus loin que ne le comportent les lignes actuelles, qui satisfont bien à des vitesses de 100, 120 et peut-être de 150 *km* à l'heure, mais qui ne sauraient plus convenir à des vitesses plus élevées, tant à cause de la protection insuffisante des signaux, que par suite des passages à niveau qui constitueraient des points dangereux. Pour ces diverses raisons, nous avons cherché un système de traction qui permit de bénéficier des avantages de la traction électrique sur les lignes ordinaires, sans modification. La locomotive que nous proposons aujourd'hui permet d'y arriver et d'utiliser le matériel ordinaire.

Depuis la publication de notre premier Mémoire, nous avons été conduit à modifier sensiblement les dispositions de détails tout en conservant les mêmes bases générales.

La *figure 1*, *Planche 85*, montre un dessin d'ensemble se rapportant à un premier projet de locomotive basé sur l'emploi des courants triphasés. Une chaudière (placée à l'arrière) alimente une

machine à vapeur horizontale compound, qui attaque directement une dynamo à 3 phases. Celle-ci est excitée par une petite machine à courant continu, mise en mouvement par une machine à vapeur spéciale.

Le courant de la génératrice est envoyé à 8 moteurs à 3 phases, qui actionnent les 16 roues, la machine étant portée sur deux bogies à 4 essieux.

La *figure* 2 montre le détail d'un essieu, des roues et du moteur. L'essieu E était fixe et portait l'inducteur I de la réceptrice. Le courant était amené à cet inducteur par trois conducteurs passant dans un trou percé au centre de l'essieu. L'induit I' est monté dans un tambour en acier T qui entretoise les deux

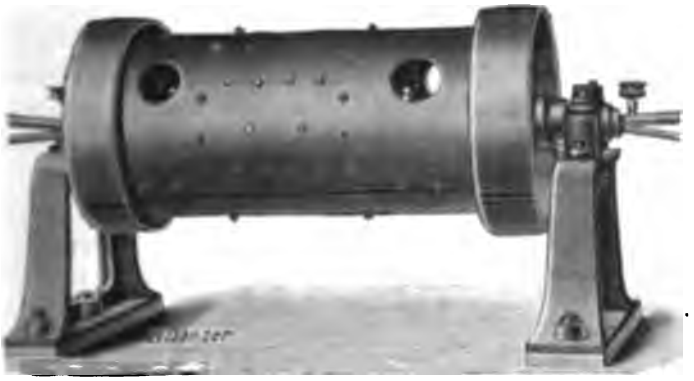


FIG. 3.

roues RR. Ces roues tournent sur l'essieu par des coussinets orbiculaires A A. Des leviers H, fixés à l'essieu, maintiennent le couple antagoniste. FF sont des frotteurs qui permettaient d'introduire des résistances dans le circuit induit. Une de ces réceptrices de 250 chx a été construite sous la forme que montre la *figure 3*, ci-dessus ; autrement dit, les deux roues étaient remplacées par des poulies qui permettaient la mesure du travail produit, et l'essieu était monté, pour les essais, sur deux chaises fixes. Cette machine, actionnée par une génératrice de puissance correspondante, a développé 700 chx aux essais. A cette allure, son échauffement était faible, et elle aurait pu probablement être poussée plus loin si l'installation mécanique l'avait permis. Les expériences faites sur ce moteur nous ont montré que les courants multiphasés peuvent être, dans certains cas, appliqués avantageusement à la traction. L'absence de collecteur, la simplicité de la construction, rendent ces machines simples à conduire et font que l'entretien en est pour

ainsi dire nul; mais, d'autre part, leur élasticité n'est pas aussi grande que celle des machines à courant continu. De plus, — et c'est la raison qui nous a engagé à ne pas les adopter pour notre première machine, — la mesure de l'énergie fournie et absorbée présente certaines difficultés qui la rendent peu pratique sur un véhicule. Notre première locomotive étant essentiellement une machine d'expérience, il importe qu'on puisse mesurer à chaque instant le travail produit. Nous avons donc donné la préférence aux machines à courant continu.

La forme générale du type définitif de la locomotive est restée la même que celle de la *figure 1*, les dynamos et moteurs à trois phases étant remplacés par des machines à courant continu. La chaudière occupe l'arrière du véhicule et marche cheminée en arrière, condition favorable au tirage.

Cette chaudière, que montre la *figure 4*, est du système Lentz. Elle est formée d'une enveloppe en tôle d'acier, dont les viroles extrêmes ont la forme conique, et dans laquelle est monté un foyer ondulé qui se prolonge par une chambre de combustion. Les tubes ont une longueur relativement faible, ce qui permet d'augmenter la surface de chauffe directe.

Les principaux éléments de cette chaudière sont, du reste, les suivants :

Surface de chauffe du foyer	18,06 m^2
— des tubes	127,11
Surface de chauffe totale.	145,17 m^2
Surface de grille	2,25 m^2
Timbre : 12 *kg*.	

La chaudière est alimentée par deux injecteurs; la réserve d'eau (10 *t*) est contenue dans deux réservoirs à droite et à gauche de la chaudière. Des soutes qui prolongent ce réservoir contiennent 6 *t* de charbon.

L'arrière de la chaudière est fixé au châssis; l'avant est porté par un levier articulé. Un support central porte une partie du poids.

La chaudière et les soutes sont portées par le bogie d'arrière, et les machines par le bogie d'avant. Le centre de gravité des charges étant voisin de l'axe des bogies, les longerons du bâti peuvent être relativement faibles.

La machine à vapeur a été étudiée par M. Ch. Brown. C'est une

machine horizontale compound ayant ses deux cylindres dans le prolongement l'un de l'autre. La *figure 5* montre une élévation de cette machine et la *figure 6* un plan. L'un des pistons agit par une seule bielle sur une manivelle centrale, l'autre à l'aide de deux bielles sur deux manivelles latérales. Le poids des organes animés de mouvements alternatifs est exactement équilibré, de sorte que la machine fonctionne sans trépidation et ne risque pas d'imprimer un mouvement de roulis à l'ensemble du véhicule. La distribution s'effectue par des tiroirs de forme cylindrique, et les boîtes à tiroirs sont montées sous les cylindres, de sorte que l'eau condensée s'écoule naturellement, sans que les purges soient nécessaires. Afin d'égaliser l'usure des parties frottantes, chaque tiroir est animé d'un mouvement longitudinal qui renouvelle les surfaces en contact. Les *figures 5 et 6* montrent clairement le mécanisme employé à cet effet. L'une des barres d'excentrique actionne, à l'aide d'une vis sans fin, un petit arbre portant un excentrique qui détermine le mouvement lent des tiroirs, à l'aide de bielles et de leviers de renvoi.

Les principales données relatives à cette machine à vapeur sont les suivantes :

Diamètre du grand cylindre.	650 *mm*
Diamètre du petit cylindre	425 *mm*
Course commune	300 *mm*
Nombre de tours	360

A cette vitesse, la puissance développée est de 600 HP.

L'axe de la machine à vapeur est parallèle à celui de l'ensemble de la locomotive ; il se prolonge par celui de la dynamo principale qui est actionnée directement. Cette dynamo est du système C.-E.-L. Brown. C'est une machine à six pôles à induit en anneau *(fig. 7 et 8)*.

L'inducteur est fondu en acier doux. Il est fendu en deux, suivant un plan horizontal, ce qui permet d'enlever la partie supérieure pour sortir l'induit verticalement. Les noyaux des bobines sont ronds et venus de fonte avec la carcasse ; les pièces polaires sont rapportées à l'aide de boulons dont la longueur a été réduite à un minimum en évidant la couronne aux endroits où la section magnétique est surabondante.

L'induit est monté sur un croisillon en bronze disposé de façon à assurer un bon entraînement mécanique ; les conducteurs de l'enroulement, qui sont au même potentiel, sont réunis par des

lames de cuivre, de façon que la machine puisse fonctionner au besoin avec une seule paire de balais, bien que normalement elle marche avec trois paires. Du côté du collecteur, l'arbre de dynamo est porté par un coussinet orbiculaire monté dans une étoile à trois branches fixée au bâti.

Voici les principales constantes de cette machine :

Force électromotrice	400 volts.
Intensité normale.	1 025 ampères.
Intensité du courant d'excitation	95 ampères.
Force électromotrice du courant d'excitation.	50 volts.
Diamètre extérieur de la dynamo.	2 *m.*
Diamètre de l'induit	1 239 *mm.*

La dynamo qui excite cette machine est à quatre pôles ; elle peut débiter 260 ampères à 50 volts ; elle est destinée à assurer en même temps l'éclairage du train. Son enroulement est compound. La machine à vapeur qui la commande est pourvue d'un régulateur de vitesse. Cette machine à vapeur a été étudiée par M. Ch. Brown ; elle est représentée par la *figure 9* en demi-élévation et demi-coupe. C'est une machine pilon à deux cylindres, agissant sur deux manivelles à 180° l'une de l'autre. Les tiroirs présentent une disposition spéciale qui a pour effet d'en régulariser l'usure. Ces tiroirs sont circulaires et montés dans une couronne retenue à l'extrémité de la tige d'excentrique. Les lumières ayant aussi une forme circulaire, et le tiroir pouvant tourner dans la couronne, cette rotation se produit chaque fois qu'il y a d'un côté ou de l'autre un frottement anormal. La rotation du tiroir a alors pour effet de renouveler les surfaces frottantes.

La vitesse de cette machine est de 300 tours par minute. Le diamètre des cylindres est de 150 *mm*, la course 150 *mm* également.

Le courant produit par la dynamo génératrice est envoyé aux huit réceptrices actionnant tous les essieux de la locomotive.

Chacune des réceptrices peut développer normalement 60 *chx*. La disposition d'un essieu moteur est indiquée *figure 10*.

L'une des roues est démontable afin de permettre le démontage facile de la réceptrice en cas de réparation. La réceptrice est une machine à quatre pôles construite de la façon suivante :

La carcasse inductrice *(fig. 11)* a la forme d'une boîte fermée, coulée en acier d'une seule pièce, et elle forme en même temps enveloppe pour contenir la machine. Les noyaux des bobines

inductrices sont en fer et boulonnés sur le bâti. Les deux pièces du moteur sont fermées par des calottes en bronze, qui portent les coussinets. L'induit est un anneau denté, où la denture est employée surtout en vue de laisser un grand espace entre l'inducteur et l'induit et permettre ainsi une certaine usure des coussinets. L'enveloppe est percée d'ouvertures pour la ventilation et le réglage des balais. Tout le moteur est monté sur un arbre creux en acier, qui est muni de deux portées recevant les coussinets. Cet arbre creux entre sur l'essieu où il est monté par l'intermédiaire de deux bagues en *woodite*, sorte de caoutchouc qui résiste à l'huile et à la chaleur. Cette interposition de matière élastique a pour effet de diminuer le martelage que produisent les roues sur la voie. L'arbre creux se prolonge par un plateau d'entraînement, percé d'ouvertures garnies également de woodite.

Dans les ouvertures entrent des boulons d'entraînement fixés à la roue. Les inducteurs de deux dynamos voisines sont réunis par des bielles, de sorte que leurs efforts s'équilibrent.

Ils sont, en outre, réunis au châssis du bogie. Les bogies *(fig. 12 et 13)* sont d'une forme spéciale; chacun d'eux est composé de deux longerons doubles en tôle d'acier, échancrés pour le passage des boîtes à graisse, et réunis entre eux par la traverse qui porte le pivot et par des entretoises en tôle d'acier. Les boîtes à graisse sont extérieures. Chaque ressort est commun à deux essieux, ses deux extrémités étant suspendues aux boîtes a graisse par de courtes bielles. Les charges se répartissent ainsi d'une façon égale sur les quatre essieux. La présence de quatre essieux au bogie a également pour résultat d'amoindrir les chocs au passage des éclisses, la hauteur de chute du véhicule n'étant que le quart de celle de l'essieu.

Le freinage ne se fait pas sur les bandages; les sabots pressent un tambour fixé à la roue et retenu par les mêmes boulons qui servent à l'entraînement de cette roue. Le serrage est obtenu par le système Westinghouse.

L'ensemble de la locomotive en ordre de marche pèsera environ 100 *t*.

Les appareils de manœuvre et de contrôle sont à l'avant où se tient le pilote; celui-ci a sous la main, outre les interrupteurs et les rhéostats, le levier de commande de la machine à vapeur principale.

Outre les avantages qui résultent de la douceur du roulement, la locomotive électrique possède le suivant : la machine à vapeur

peut fonctionner à admission constante, quelle que soit la vitesse, et rester, par suite, dans les meilleures conditions d'économie, la consommation de vapeur restant proportionnelle au travail à produire, quelle que soit l'allure de la locomotive elle-même. Par exemple, au démarrage et à la montée des rampes, la vitesse de la locomotive est très faible, alors que le travail à fournir est très grand. Une locomotive ordinaire doit alors travailler avec une admission considérable et, par suite, à un régime peu économique.

La locomotive électrique, au contraire, peut développer, dans ces conditions, sa puissance totale avec l'admission normale, par simple augmentation de vitesse de la machine à vapeur. Il en résulte également que la même locomotive peut, dans une certaine mesure, remorquer indifféremment des trains lourds à faible vitesse ou des trains légers à grande vitesse, à peu près dans les mêmes conditions économiques. Le grand poids adhérent (le poids total de la locomotive) la rend d'ailleurs apte à remorquer les convois les plus lourds sur les rampes usuelles.

En ce qui concerne la résistance de l'air, nous avons été amené, à la suite des expériences faites en Amérique, à adopter une forme moins effilée que celle que nous avions prévue : ces expériences ont montré, en effet, qu'il n'y avait pas d'avantage appréciable à choisir une forme plus effilée que celle qui correspond à deux surfaces cylindriques de 60° chacune, décrites avec un rayon égal à la largeur du véhicule.

Au moment où nous écrivons ce Mémoire, la locomotive est en construction avancée aux Forges et Chantiers de la Méditerranée, au Havre; les bogies sont construits à Ivry par la Compagnie de Matériel de chemins de fer, et les dynamos aux ateliers de MM. Brown Boveri et Cie, à Baden (Suisse).

Les essais auront lieu au commencement de 1893 sur le réseau des Chemins de fer de l'État, qui ont bien voulu, au début de nos études, nous autoriser à procéder à des expériences ultérieures. Nous sommes heureux de remercier ici M. Parent, Ingénieur en chef du matériel et de la traction, et M. Desdouits, Ingénieur en chef adjoint, de l'intérêt qu'ils ont constamment porté à notre entreprise.

Nous devons également remercier nos collaborateurs, M. Ch. Brown, M. C.-E.-L. Brown et M. F. Drouin, qui nous ont secondé constamment au cours de nos travaux.

Depuis la publication de notre précédent Mémoire, nous avons

été heureux de voir combien les idées concernant la traction électrique se sont fait jour, non seulement chez les Électriciens, mais encore et surtout chez les Ingénieurs de chemins de fer. Les nombreux projets proposés depuis lors en sont une preuve.

Naturellement, la grande vitesse est toujours le principal objectif des instigateurs de ces projets, et nous sommes convaincu également que l'électricité détrônera tôt ou tard la vapeur pour l'obtention des grandes vitesses. Nous souhaitons que ces projets se réalisent et viennent confirmer ce que leurs auteurs en attendent: nous avons la certitude que la première application ouvrira largement la voie aux projets futurs. En ce qui concerne les chemins de fer à conducteurs fixes, nous croyons que leur application soulève, en France du moins, de grandes difficultés, et que, en tous cas, il n'y a guère lieu de considérer la transformation des lignes actuelles comme la proposition en a souvent été faite; leur emploi implique, à notre sens, la création de lignes nouvelles, répondant mieux que les lignes actuelles à des vitesses comme celles qui ont été proposées, c'est-à-dire 200 ou 250 *km* à l'heure. C'est là précisément la raison d'être de notre système de traction : il donne le moyen de reculer la vitesse, sur les voies ordinaires, aussi loin que celles-ci le permettent sans apporter de modification, ni au matériel fixe, ni au matériel roulant. Les expériences qui se feront prochainement pourront seules dire si notre manière de voir est juste.

ÉTUDE

SUR

LES RÉGULATEURS DE VITESSE

PAR

Ch. COMPÈRE

INGÉNIEUR-DIRECTEUR DE L'ASSOCIATION PARISIENNE DES PROPRIÉTAIRES D'APPAREILS A VAPEUR

INTRODUCTION

La question des régulateurs a été tellement étudiée, surtout théoriquement, que je ne me permettrais pas de vous en parler à nouveau, si je ne croyais utile de vous faire connaître quelques conclusions pratiques auxquelles m'ont amené les longues études et les nombreuses expériences que j'ai faites sur cette question pendant mon séjour au Creusot, études et expériences qui m'ont démontré que le meilleur régulateur — question souvent posée — est encore l'appareil de Watt, quelque peu modifié, non dans sa théorie, mais dans sa forme, pour en faire le type Porter à grande vitesse.

Avant d'exposer ces études, il me paraît nécessaire de rappeler les diverses circonstances qui les ont amenées.

Le Creusot désirait adopter pour les machines qu'il construisait un type de régulateur qui donnât entière satisfaction.

En 1879, M. Barba, Ingénieur en chef du Creusot, avait pensé trouver la solution de cette question dans un système de contrepoids ajoutés au levier du manchon d'un régulateur quelconque, et permettant de faire varier à la fois la vitesse de régime et le degré d'isochronisme, c'est-à-dire l'écart entre les vitesses correspondant aux positions hautes et basses des boules.

Un régulateur fut construit sur ces bases; il ne donna pas de résultat satisfaisant.

Nous fûmes ainsi amenés à étudier les causes de perturbations

qui pouvaient paralyser le fonctionnement théorique du régulateur.

La remarquable étude que M. Marié venait de faire paraître dans les *Annales des Mines* sur les régulateurs à l'Exposition de 1878 nous servit alors de guide.

Dans cette étude, M. Marié montre que les perturbations dans la marche des régulateurs sont dues :

1° Aux frottements ;

2° A l'inertie radiale des pièces en mouvement ;

3° A la vapeur emmagasinée entre l'organe de réglage de la puissance actionné par le régulateur et le cylindre proprement dit.

Il convient d'ailleurs de remarquer que la question des régulateurs comporte avec elle le mode d'action de l'appareil sur la puissance et qu'à ce point de vue, il faut distinguer les régulateurs faisant varier la détente et les régulateurs agissant sur la pression par l'intermédiaire d'un papillon ou autre organe analogue.

Les études que j'ai faites à ce point de vue m'ont montré que le régulateur à détente est préférable au régulateur à papillon.

Les nombreuses machines du Creusot, qui présentent des types de régulateurs très variés, m'ont fourni un vaste champ d'expériences pour toutes ces études, que je présenterai en trois parties :

1° Étude des causes de perturbations dans le fonctionnement des régulateurs ;

2° Étude sur le mode d'action des régulateurs sur la puissance : régulateurs à valve, régulateurs à détente ;

3° Étude d'un dispositif permettant de résoudre la question théorique des régulateurs.

PREMIÈRE PARTIE

Causes des perturbations dans le fonctionnement des régulateurs.

1° Frottements dans les mouvements des régulateurs.

ÉCART DE VITESSE DU UNIQUEMENT AUX FROTTEMENTS

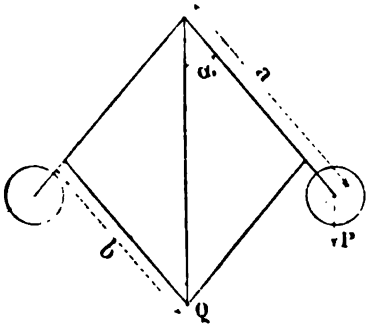
Influence des frottements. — Les frottements troublent la marche des régulateurs de la manière suivante :

Le régulateur étant en équilibre pour la vitesse angulaire de régime V_0 correspondant à un angle d'ouverture des boules α_0, si le travail résistant varie, le régulateur ne partira, dans le sens voulu, pour modifier le travail moteur, qu'après avoir vaincu l'effort de frottement dirigé en sens contraire du mouvement que le manchon doit prendre ; cet effort transporté au manchon s'ajoute à son poids Q quand le travail résistant diminue et que le régulateur doit monter et il s'en retranche quand le travail augmente et que le régulateur doit descendre.

Dans ces conditions, le régulateur prendra, avant de partir, pour le même angle α_0, la vitesse angulaire V_1 quand le travail résistant diminuera ou la vitesse V_2 quand il augmentera.

Écart de vitesse dû aux frottements. — Les écarts des nombres de tours de la machine correspondant à ces écarts de vitesse $V_1 - V_0$ ou $V_0 - V_2$ se lisent très facilement sur un tachymètre et peuvent d'ailleurs se vérifier par le calcul si l'on connaît l'effort de frottement R, évalué au manchon.

Fig. 1



En effet, considérons un régulateur de Watt dont la vitesse de régime V_0 ou le nombre de tours n_0 pour l'angle d'ouverture des boules α_0, est donnée par la formule

$$\frac{n^2_0}{896} = \frac{1 + \frac{Q}{P} \times \frac{b}{a}}{a \cos \alpha_0}$$

dans laquelle :
Q est le poids des boules ;
P le poids du manchon ;
a, la longueur des bielles des boules ;
b, la longueur des bielles du manchon,

Les vitesses V_1 ou V_2 que le régulateur prendra, sans quitttter sa position de régime, satisferont alors aux équations suivantes :

$$\frac{n^2_1}{896} = \frac{1 + \left(\frac{Q + R}{P}\right)\frac{b}{a}}{a \cos \alpha_0}, \qquad \frac{n^2_2}{896} = \frac{1 + \left(\frac{Q - R}{P}\right)\frac{b}{a}}{a \cos \alpha_0};$$

d'où :

$$\frac{n^2_1 - n^2_2}{n^2_0} = \frac{(n_1 + n_2)(n_1 - n_2)}{n^2_0} = \frac{2\frac{Rb}{Pa}}{1 + \frac{Qb}{Pa}}$$

en posant $n_1 + n_2 = 2n_0$, ce qui est sensiblement vrai, on a :

$$\frac{n_1 - n_2}{n_0} = \frac{R}{P\frac{a}{b} + Q}$$

et en considérant les nombres de tours de la machine N proportionnels aux nombres de tours du régulateur n_1, la formule définitive donnant l'écart de frottement est :

$$\text{(A)} \qquad \frac{N_1 - N_2}{N_0} = \frac{R}{P\frac{a}{b} + Q}$$

Cette formule (A) permettra alors de vérifier les écarts lus au tachymètre si l'on connaît R.

Vérification expérimentale des écarts de vitesse dus aux frottements. — Pour évaluer expérimentalement cet effort, pendant la marche même du régulateur, il suffit de rechercher par tâtonnements le poids R qui, ajouté au manchon quand il doit descendre, ou retranché quand il doit monter, le fera partir immédiatement en annulant les écarts $V_0 - V_2$ ou $V_1 - V_0$ lus au tachymètre ; on peut, pour cette expérience, se servir du levier de l'organe de réglage conduit par le manchon en y accrochant un poids avec une

ficelle ; en soutenant ce poids à la main ou en le laissant pendre, on peut l'annuler ou le faire agir.

On détermine alors la valeur de R par tâtonnements jusqu'à ce qu'on ne constate plus au tachymètre d'écart de tours dû au frottement.

Remarque. — L'écart de vitesse lu au tachymètre quand le régulateur, en équilibre, part dans un certain sens, n'est que la moitié de l'écart donné par la formule (A).

L'écart total se produira dans les conditions suivantes :

Si, pendant que le régulateur descend pour rétablir l'équilibre avec un travail résistant plus grand, celui-ci vient à diminuer, le régulateur tend à remonter et la force réelle appliquée sur le manchon, qui était Q — R quand le régulateur descendait, doit devenir Q + R pour que le manchon remonte.

L'inverse se produit pour le point mort supérieur du manchon.

Cet écart total se manifeste dans les machines dont le travail résistant présente des variations brusques et rapides comme dans les machines de forge dont les régulateurs n'ont pas le temps de se mettre en équilibre.

Au contraire, pour les moteurs d'ateliers dont les variations de travail résistant consistent en embrayages ou débrayages d'outils qui durent assez longtemps, le régulateur a le temps de se mettre en équilibre et c'est la moitié de l'écart $\frac{N_1 - N_2}{N_0}$ seule qui se manifeste.

L'écart total se lira également au tachymètre par la différence des vitesses, course montante et course descendante, pour la même position du manchon.

Nous avons vérifié ces deux valeurs de l'écart de vitesse dû au frottement, le régulateur étant en équilibre et le régulateur se déplaçant, en exagérant les variations de travail résistant à l'aide d'un sabot que l'on appuyait brusquement sur le volant.

INCONVÉNIENTS DES FROTTEMENTS

Tels sont les moyens expérimentaux de rechercher dans les régulateurs les résistances dues aux frottements et les écarts de vitesse qui en résultent.

Cette recherche expérimentale est d'autant plus importante que les frottements entraînent les graves inconvénients suivants :

1° Ils diminuent la *sensibilité* des régulateurs ;

2° L'écart de frottement s'ajoute à l'écart théorique de vitesse correspondant aux positions extrêmes du manchon en augmentant ainsi les variations totales de la vitesse du moteur ;

3° L'effort de frottement, outre l'insensibilité du régulateur, est encore la cause d'accélérations ou de ralentissements nuisibles à la marche de la machine.

En effet, le régulateur étant en équilibre, si le travail résistant vient à varier, le diagramme relevé sur le cylindre pendant que se produit l'écart de tours du frottement reste le même jusqu'à ce que le manchon quitte sa position de régime, alors que ce diagramme devrait varier ; il en résulte une accélération ou un ralentissement de la vitesse de la machine qui a l'avantage, il est vrai, de vaincre plus vite l'effort de frottement, mais qui a l'inconvénient de créer des oscillations et de troubler le rétablissement de l'équilibre du travail ; cet inconvénient est d'autant plus grand que le travail résistant présente des variations plus fortes.

Ces oscillations se sont produites très nettement sur le régulateur d'une machine Porter-Allen, sans condensation, que j'ai eu l'occasion d'expérimenter ; cette machine tourne en moyenne à 235 tours et actionne directement par courroie un plateau sans dent destiné à couper des rails à froid.

Le régulateur agit sur la détente en faisant déplacer un coulisseau dans une demi-coulisse qui conduit la distribution ; aux positions extrêmes du manchon, le travail est de 83 *chx* et de — 16 *chx*.

Bien que pendant le sciage d'un rail, le manchon de régulateur parcourt sa course complète plusieurs fois, ce qui exigerait, d'après les données du régulateur, une variation de vitesse de 20 tours, le tachymètre n'accusait qu'une différence de 10 tours environ.

Cette anomalie résulte des frottements que doit vaincre le régulateur.

Le régulateur proprement dit ne présente que des frottements insignifiants ; mais dans son action sur la distribution, il a à vaincre le frottement très important du coulisseau dans sa coulisse, lequel donne à lui seul, mesuré au tachymètre, un écart de 7 tours.

Le parcours plusieurs fois répété pendant un sciage de rail de la course ascendante du manchon est dû alors à l'accélération résultant de la trop grande valeur que prend le travail moteur tant que le manchon retenu par le frottement du coulisseau n'a

pas encore quitté sa position inférieure; puis, les frottements étant vaincus, cette accélération fait dépasser au manchon sa position de régime, et, le travail moteur diminuant trop, le manchon retombe et le régulateur oscille constamment.

MOYENS DE DIMINUER L'ÉCART DE FROTTEMENT

1° *Moyens pratiques*. — Il faut réduire autant que possible le frottement dans les articulations qui doivent avoir alors beaucoup plus de jeu que les pièces ajustées ordinaires des machines. Il faut absolument, pour y arriver, *coter les jeux sur les dessins d'ateliers*.

Il faut étudier l'organe de réglage attaqué par le régulateur, papillon, lanterne équilibrée, tiroirs, etc., pour qu'il donne, dans son entraînement, le moins d'effort possible. Les axes doivent être, autant que possible, portés sur pointes.

L'effort nécessaire à la manœuvre de la lanterne peut s'évaluer, expérimentalement, en cherchant le poids qui, fixé sur la bielle de la lanterne, la fera partir; mais ce poids est très variable suivant que l'on fait partir la lanterne plus ou moins vite; en d'autres termes, le frottement de la valve est variable suivant que le régulateur se déplace plus ou moins rapidement.

Nous avons fait au Creusot un essai de lanterne sans garniture, dont le joint était assuré par une simple pression de vapeur, comme pour les obturateurs Corliss. Cet essai a bien réussi; nous l'avons fait autant pour diminuer l'effort de la valve en le rendant constant que pour ne pas laisser ce joint aux soins du mécanicien qui, en faisant cette garniture comme celles des tiges de tiroirs ou de pistons, la fait toujours beaucoup trop serrée, ainsi que nous avons pu nous en convaincre nous-mêmes par la possibilité de desserrer de beaucoup la garniture sans qu'elle perdit.

La tige de la valve n'ayant qu'un faible mouvement de rotation comme les obturateurs Corliss et non un grand mouvement de translation comme les tiges de pistons ou de tiroirs, on comprend que cette garniture doit être beaucoup moins serrée.

Ce joint sans garniture est d'ailleurs en usage sur les cames Farcot.

2° *Moyens théoriques*. — La formule (A) montre que, pour un certain effort de frottement R, rendu minimum par la construction, l'écart sera d'ailleurs d'autant plus faible que $P\frac{a}{b} + Q$ sera

plus grand, c'est-à-dire que la somme des poids d'une boule et du manchon sera plus grande et qu'en outre, dans un régulateur de Watt, les bielles du manchon s'attacheront plus haut sur les bielles des boules pour avoir a plus grand que b.

Nous avons vérifié cette conclusion sur un régulateur Porter qui a été construit sur notre étude et qui a été monté sur une machine compound-pilon, dont la vitesse de régime était de 65 tours; nous avons obtenu, en appliquant ce moyen théorique, les résultats suivants :

VITESSES du RÉGULATEUR	VALEURS DE P + Q	ÉCART DE VITESSE du frottement (en tours de machine) lus au tachymètre.
tours.	kilogrammes.	tours.
130 par minute	$P + Q = 18$ $\begin{matrix} P = 3 \\ Q = 15 \end{matrix}$	5 soit 1/13
d°	$P + Q = 36$ $\begin{matrix} P = 6 \\ Q = 30 \end{matrix}$ (1)	2 1/2 soit 1/26
d°	$P + Q = 66$ $\begin{matrix} P = 11 \\ Q = 55 \end{matrix}$ (2)	1 1/2 soit 1/43
250 par minute (2)	$P + Q = 58$ $\begin{matrix} P = 3 \\ Q = 55 \end{matrix}$	1 1/2 soit 1/43

C'est à l'application de ce moyen théorique que sont dus, en outre d'une construction soignée, les bons résultats des régulateurs Porter qui, par leur grande vitesse, comportent des manchons de fortes dimensions.

MINIMUM DE L'ÉCART DE FROTTEMENT

Malgré les inconvénients signalés plus haut, il est bon de ne pas chercher à annuler complètement le frottement; car il pourrait produire un écart de vitesse plus faible que l'écart de vitesse du volant dans un tour; le régulateur suivrait alors toutes les variations de vitesse du volant pendant chaque course et osciller rait constamment.

La commande du régulateur par courroies au lieu d'engrenages pourrait à ce point de vue atténuer ces oscillations, car l'élasticité des courroies permettrait au régulateur de ne pas suivre toutes les variations de vitesse du volant dans un tour.

(1) Les augmentations de poids ont été obtenues sur les boules en ajoutant des rondelles d'acier de chaque côté et sur le manchon en le surchargent de rondelles de plomb.

(2) La vitesse a été portée à 250 tours à l'aide d'un nouveau jeu d'engrenages.

De plus, ces oscillations produites par l'écart du volant ont d'autant moins de tendance à se produire que les machines font un plus grand nombre de tours, car l'inertie du manchon l'empêche de suivre les variations de vitesse du volant dans chaque tour, surtout quand les masses du régulateur sont grandes.

En pratique, il est à peu près inutile de se préoccuper de ce minimum, car quelles que soient les précautions prises, le frottement n'est jamais absolument nul, et, avec un volant bien établi, les oscillations ne se font pas sentir.

2° Inertie radicale des pièces en mouvement.

L'étude des frottements a montré qu'on peut toujours réduire suffisamment l'écart de vitesse résultant d'un effort minimum de frottement R, évalué au manchon, en donnant aux boules et au manchon (P + Q) des dimensions assez grandes.

Faut-il répartir la somme (P + Q) sur les boules en prenant un régulateur à faible vitesse (type Watt et à poids de manchon négligeable), ou sur le manchon en prenant un régulateur à grande vitesse (type Porter, à petites boules de 2 à 3 *kg*) ?

L'étude de l'inertie radiale des pièces du régulateur permettra de fixer ce choix : en effet, quand le travail résistant diminue, par exemple, le régulateur, après avoir vaincu le frottement, pourra, une fois lancé, entraîner l'organe du réglage au delà de la position qui donnerait l'égalité entre le travail moteur et le travail résistant, en vertu de l'inertie radiale des pièces en mouvement ; le travail moteur devient alors trop faible et des oscillations analogues à celles signalées précédemment, résultant du frottement, se reproduisent. Ces oscillations augmenteront avec les variations de travail.

Cet effet de l'inertie est d'autant plus grand que le poids des boules est plus grand ; or, ce poids doit être suffisamment fort, dans les régulateurs à faible vitesse, pour satisfaire aux conditions de frottement : donc, à égalité de valeurs pour l'expression

$P\frac{a}{b} + Q$, *le type Porter sera préférable au type Watt.*

Même avec un régulateur Porter, les oscillations dues à l'inertie des pièces en mouvement peuvent encore se produire si la course et par suite la vitesse du manchon sont trop grandes.

C'est ce que j'ai constaté sur un régulateur Porter tournant à 250 tours et dont le manchon pesant 110 *kg*, avait une course de

100 *mm* : en appuyant brusquement un sabot de frein sur le volant, de façon à faire descendre la vitesse de la machine à celle donnée par les boules à leur position inférieure, mais sans aller au-dessous, et en enlevant brusquement ce frein, j'ai constaté au tachymètre les vitesses suivantes :

Vitesse à la position inférieure des boules	=	60 tours.
— après enlèvement du frein	=	65 —
— après une première oscillation	=	62 —
— définitive	=	63 —

soit une accélération de 2 tours.

Enfin, les oscillations provenant de l'inertie des pièces en mouvement augmentent, toutes choses égales d'ailleurs, avec l'isochronisme du régulateur, c'est-à-dire quand l'écart de vitesse entre les positions haute et basse diminue ; en effet, dans un tel régulateur, pour une variation très faible de la vitesse, le manchon se déplacera davantage et, par suite, avec une plus grande vitesse.

Ces oscillations, dues à l'inertie des pièces en mouvement, se suivent très nettement sur les anciens régulateurs Farcot à faible vitesse ; ainsi un tel régulateur qui ne tournait qu'à 60 tours et pour lequel $P\frac{a}{b} + Q = 32 \times \frac{0{,}750}{0{,}440} + 0$, j'ai constaté que les oscillations ont duré assez longtemps quand on a débrayé un atelier.

Dans ce régulateur Farcot, les oscillations dues à l'inertie sont encore augmentées par la grande vitesse que prend le manchon quand il se déplace ; ce qui résulte : 1° de la grande course adoptée pour le manchon (180 *mm* dans le régulateur que j'ai expérimenté) ; 2° de l'isochronisme même du régulateur.

Le régulateur appliqué maintenant par la maison Farcot sur ses machines Corliss est à grande vitesse, quoique restant du même type ; le manchon est placé non à l'intérieur du régulateur, mais au-dessous.

Ces oscillations dues à l'inertie de pièces en mouvement se produisaient aussi pour de grandes variations de force, sur le régulateur des premières machines Corliss construites par le Creusot dont l'angle d'ouverture des bielles des boules est très grand (45°).

Ainsi, sur une telle machine, lors de l'arrêt brusque des outils, la machine continuant à faire tourner la transmission à vide

et le travail passant ainsi de 125 à 55 *chx*, la vitesse de régime à 125 *chx* qui était de 54,4 tours a passé par les chiffres suivants : 58,4 — 54,8 — 57,2 avant d'atteindre sa nouvelle valeur 56,2 tours pour la charge de 55 *chx*, soit une accélération de 2,2 tours.

Le Creusot, comme la maison Farcot, a adopté, d'ailleurs depuis, un régulateur à grande vitesse, c'est-à-dire à petites boules et gros manchon.

L'étude de ces premiers éléments qui troublent la théorie des régulateurs, frottement et inertie, nous a donc conduit à choisir un régulateur Porter, à frottement minimum, pas trop isochrone, à manchon suffisamment fort et à course pas trop grande.

3° Volume de vapeur emmagasiné entre l'organe de réglage et le tiroir de distribution.

Le choix du régulateur étant fixé, comme nous l'avons indiqué plus haut, il est un troisième élément de perturbations qui rend les régulateurs agissant sur une valve inférieurs à ceux agissant sur la détente : c'est le volume de vapeur emmagasiné entre la valve et le tiroir, volume qui n'existe pas dans le régulateur à détente.

Ce volume, avant son épuisement, produit des accélérations quand le travail résistant diminue et, inversement, des ralentissements quand il augmente.

J'ai pu étudier complètement l'influence de cet élément sur la machine compound pilon de 50 *chx*, qui portait notre régulateur d'étude, au cours d'une série d'essais de consommation.

Pour ces essais, la machine était chargée par un frein automatique de même principe que celui que j'ai employé ultérieurement pour les essais d'une machine Corliss, essais qui ont été publiés par M. Delafond, Ingénieur en chef des Mines, dans les *Annales des Mines* (livraison de septembre, octobre 1884).

Cette machine compound possédait un régulateur Porter actionnant une lanterne équilibrée.

Au cours de nos essais de consommation, nous avons enlevé le tiroir du grand cylindre, de façon à rendre la machine mono-cylindrique et à comparer sa marche avec celle compound.

Nous avons alors profité de ce démontage pour relever l'influence de volume de la vapeur emmagasinée :

1° Dans la marche à un seul cylindre, par le volume enfermé entre la lanterne de réglage et le tiroir du petit cylindre;

2° Dans la marche compound, par ce même volume et, de plus, par le volume du réservoir intermédiaire, lequel était quatre fois le volume du petit cylindre.

Les expériences ont été faites de la façon suivante : un indicateur étant monté sur chaque cylindre, la machine tournait à une certaine allure correspondant à une charge donnée du frein; on ajoutait, ou enlevait, brusquement, à un signal donné, dans le plateau du frein, les poids nécessaires pour que la nouvelle charge, déterminée par une expérience préalable, correspondît à une position donnée du régulateur et de la lanterne de réglage.

Au signal, on appliquait le crayon de l'indicateur sur le papier et on le laissait marquer jusqu'à l'obtention de la nouvelle vitesse de régime, c'est-à-dire jusqu'à ce que le crayon de l'indicateur traçât toujours la même courbe.

Pour simplifier cette expérience, on ne relevait de diagrammes que d'un seul côté du cylindre (côté bas).

Sur la feuille de l'indicateur, il était alors très facile de lire le nombre de diagrammes intermédiaires, tracés entre les courbes résultant des allures avant et après l'expérience, et, par suite, le nombre de tours qu'avait demandés l'épuisement ou le remplissage du volume de vapeur emmagasinée, soit avant le petit cylindre, soit entre les deux cylindres.

Enfin la variation de vitesse provenant de ces expériences était lue sur un tachymètre.

La vitesse de régime, le régulateur étant au milieu de sa course, était de 62,5 tours; à la position haute des boules, elle était de 63,5 tours; à la position basse, de 61,5 tours.

D'ailleurs, le régulateur du type Porter ne présentait aucun frottement; les écarts de vitesse lus au tachymètre n'étaient bien que ceux dus à l'influence du volume de vapeur emmagasiné.

Les résultats de ces expériences sont consignés dans le tableau suivant :

NUMÉROS DES EXPÉRIENCES	ADMISSIONS AU PETIT CYLINDRE	RAPPORT des ordonnées moyennes des diagrammes boules hautes et boules milieu.	VITESSE de RÉGIME avant l'essai.	POIDS enlevés ou ajoutés subitement sur le plateau du frein.	NOMBRE de tours de la machine avant l'obtention du diagramme définitif correspondant à la vitesse de régime	VITESSE atteinte maximum ou minimum pendant l'établissement de l'équilibre	NOUVELLE VITESSE de régime.	ACCÉLÉRATION ou RALENTISSEMENT
			Tours.	Kilogrammes.	Tours.	Tours.	Tours.	Tours.
1° Marche à un seul cylindre. (Le tiroir du grand piston est enlevé.)								
1	0 20	$\frac{0,724}{1,32} = 0,549$	62,5 (boules milieu)	70 enlevés	16	66,5	63,5 (boules hautes)	3
2	d°	»	d°	35 enlevés	15	64,0	63,2	0,8
3	d°	»	d°	45 enlevés	20	64,5	63,35	1,15
4	d°	$\frac{1,517}{1,61} = 0,94$	d°	22 ajoutés	3	ralentissement nul	61,5 (boules basses)	0
5	0 60	$\frac{1,227}{2,74} = 0,448$	62,5 (boules milieu)	n'a pas été relevé	10	67,3	63,5 (boules hautes)	3,8
2° Marche compound. (Rapport des deux cylindres = 2,88.)								
6	0 20	$\frac{0,573 + 0,226 \times 2,88}{1,2 + 0,347 \times 2,88} = 0,556$	62,5 (boules milieu)	poids enlevés	20	68,8	63,5 (boules hautes)	5,3
7	d°	»	d°	d°	25	65,7	63,2	3,5
8	0 60	$\frac{0,540 + 0,212 \times 2,88}{1,81 + 0,326 \times 2,88} = 0,420$	62,5 (boules milieu)	d°	18	69,5	63,5 (boules hautes)	5

Dans l'expérience n° 1, 70 *kg* sont les poids nécessaires, déterminés préalablement par tâtonnements, pour que la charge restant sur le frein corresponde bien au travail moteur, régulateur haut, ce qui est pas plus faible.

Dans les expériences n°s 2 et 3, nous nous proposions de vérifier, sur les diagrammes, l'accélération produite ; cette accélération est mise en évidence par l'obtention de diagrammes au-dessous du diagramme correspondant à la nouvelle position de régime, intermédiaire entre boules milieu et boules hautes.

Les diagrammes, dus à l'accélération, sont d'autant plus au-dessous du nouveau diagramme de régime (expérience n° 3) que l'accélération est plus grande. Enfin le nombre de tours avant stabilisation du diagramme de régime est plus grand (20) dans l'expérience n° 3 que dans l'expérience n° 1 (16), bien que l'accélération soit plus faible ; ce résultat tient à ce que la plus grande accélération, dans l'expérience n° 1, fait fermer la lanterne plus

Dans l'expérience n° 4, le remplissage de la boîte à tiroir se fait plus rapidement, pour un déplacement du manchon égal à celui de l'expérience n° 1, mais en sens inverse ; ce fait tient à ce que le travail moteur n'est pas beaucoup plus fort avec la lanterne ouverte en grand qu'ouverte à moitié, sa section de passage n'étant pas assez faible ; c'est ce que vérifie la comparaison des 2 *kg* qu'il faut ajouter et des 70 *kg* qu'il faut enlever dans l'expérience n° 1, pour le même déplacement du manchon.

L'expérience n° 5 est la répétition de l'expérience n° 1, mais avec admission 0,60 qui fait épuiser la boîte à tiroir plus vite, en 10 tours ; l'accélération plus grande tient à ce que le nouveau travail résistant, boules hautes, est relativement plus faible, comme l'indique le rapport des ordonnées moyennes des diagrammes, boules hautes et boules milieu ; finalement cette accélération contribue aussi à épuiser plus vite la boîte à tiroir.

L'expérience n° 6 est la répétition de l'expérience n° 1, mais avec la marche à deux cylindres.

L'expérience n° 7 est la répétition des expériences n°s 2 et 3. On retrouve les mêmes remarques en comparant les expériences n°s 6 et 7, qu'en comparant les expériences n°s 2 et 3.

L'expérience n° 8 est la répétition de l'expérience n° 5 ; elle apporte les mêmes remarques.

Ces essais montrent que : 1° les accélérations de vitesse produites par le volume de vapeur emmagasinée augmentent avec

l'admission ; 2° qu'elles sont plus grandes dans une machine compound, à cause de la présence de volume de vapeur enfermée dans le réservoir intermédiaire entre les deux cylindres.

Ces essais m'ont conduit aux conclusions suivantes :

1° Quand le régulateur n'agit pas directement sur l'admission, il faut réduire au strict minimum le volume de la boîte à tiroir.

2° Dans les machines compound, le volume du réservoir intermédiaire exagérant l'accélération ou le ralentissement de vitesse lors des variations du travail résistant, il doit être réduit aussi au minimum permis pour la bonne marche de la machine.

Dans cet ordre d'idées, le Creusot a essayé sur une machine compound pilon une lanterne appliquée au réservoir intermédiaire et attaquée également par le régulateur ; mais cet appareil a dû rapidement être abandonné, car il créait une contre-pression dans le petit cylindre, en agissant trop rapidement.

A ce point de vue, j'ai relevé comme défectueuse la disposition adoptée au Creusot pour les anciennes machines des forges ; ces machines se composaient de deux cylindres jumelés entre lesquels était le bâti du régulateur ; le manchon de ce régulateur portait une came attaquant à sa position haute et à sa position basse seulement, un papillon qui n'était alors qu'ouvert en grand ou fermé complètement ; chaque cylindre portait un tel papillon, et les deux papillons étaient placés près du bâti du régulateur.

De plus, le cylindre était à enveloppe de vapeur alimentée par la vapeur qui devait entrer dans le cylindre ; les boîtes à tiroir étaient très grandes.

De telle sorte qu'après le papillon il y avait un volume de vapeur emmagasinée se composant de la conduite de vapeur déjà longue, de l'enveloppe et de la boîte à tiroir ; un tel volume paralysait complètement le fonctionnement du régulateur.

Notons en passant qu'un tel régulateur, qui n'agit qu'aux positions extrêmes du manchon, rentre dans la catégorie des régulateurs à embrayage que M. Marié a étudiés très complètement en montrant que ces appareils, attaquant la détente, donnent de mauvais résultats ; ils soumettent la vitesse des machines à des oscillations entre des limites très éloignées et bien supérieures aux vitesses qui correspondraient aux positions extrêmes du manchon.

Le Creusot a depuis remplacé ces anciennes machines par des Corliss de son système.

Emploi du frein à huile.

Les diverses causes de perturbations étudiées jusqu'ici : frottements, inertie, vapeur emmagasinée, produisent, dans la marche des régulateurs, des accélérations pouvant entraîner des oscillations; c'est par une bonne construction qu'on devra combattre ces accélérations et non en employant un frein à huile, comme on pourrait essayer de le faire.

Remarque générale. — Dans les régulateurs munis d'un frein à huile, la position du manchon ne dépend plus seulement de la vitesse de la machine, mais encore de la pression d'écoulement du liquide qui constitue le frein.

Par suite, lorsque le travail résistant présente de grandes variations, comme dans les machines de forge, par exemple, le mouvement du manchon, dans un sens ou dans l'autre, est retardé par le frein, et cela d'autant plus qu'il est plus énergique; un tel régulateur fonctionne alors dans de mauvaises conditions en passant à chaque variation de travail, par une série d'oscillations.

Ce fait a été vérifié expérimentalement avec notre régulateur d'études sur lequel on avait monté le frein à huile d'une machine Corliss; en effet, en appuyant brusquement sur le volant de la machine pour faire descendre, au bas de sa course, le régulateur qui était en équilibre à sa position milieu, on a constaté au tachymètre :

Un écart de 2 tours quand le frein à huile n'était pas monté, et de 16 tours quant il était monté.

Ce résultat a été vérifié aussi, sur la machine Corliss même, en appuyant brusquement sur un sabot installé contre le volant pour des essais de consommation à fortes charges.

Conditions d'emploi du frein à huile. — Le frein à huile ne doit être employé que dans les deux cas suivants :

1° Dans le cas de régulateur isochrone.

En effet, notre régulateur d'études ayant été rendu isochrone par tâtonnements, en agissant sur le système de contrepoids que nous avons étudié, nous l'avons fait descendre de sa position moyenne en appuyant sur le volant; nous avons alors constaté au tachymètre les oscillations suivantes :

Numéros des oscillations.....			1	2	3	4	5	6
Nombre de tours par minute de la machine quand le mouvement commence dans un sens ou dans l'autre, les frottements étant vaincus.	1° Avec frein à huile.	Boules en haut.	65	61	58	57,5	56,5	56
		Boules en bas..	45	48	50,5	52,5	53,5	54,5
	2° Sans frein à huile.	Boules en haut.	58	58		et ainsi de suite indéfiniment.		
		Boules en bas..	51	51				
	Pendant 6 minutes, mêmes oscillations.							

Le frein à huile atténue donc les oscillations auxquelles sont soumis forcément les régulateurs rigoureusement isochrones.

2° Dans le cas de machines à déclics (genre Corliss) dont le régulateur agit directement sur la distribution en fermant brusquement l'admission.

En effet, dans ce cas, sans frein à huile, le déclenchement brusque de l'organe d'admission produirait sur le manchon des chocs qui, faisant osciller le régulateur, troubleraient complètement la distribution, à moins d'avoir un régulateur de fortes dimensions.

Cependant, le frein à huile pourrait ne pas être employé dans les machines Corliss, quand la détente est assez grande, si les oscillations sont assez faibles pour que le régulateur soit revenu à sa position primitive d'un coup de piston à l'autre, pendant le même tour.

Dans ce dernier cas, le frein à huile n'est conservé que pour éviter à l'œil le mauvais effet des oscillations du régulateur.

Dans tous les cas, l'énergie du frein doit pouvoir être réglée à la main suivant le système de distribution.

Ces faits ont été vérifiés expérimentalement sur les régulateurs, munis du frein à huile, des machines suivantes à déclenchement brusque :

1° Machines Sulzer à soupapes.

En débrayant le frein à huile, les chocs produits sur le manchon, lors de la fermeture des soupapes d'admission, lui font atteindre subitement les extrémités de sa course en troublant complètement la marche de la machine, qui devient dangereuse.

Dans ce moteur, l'emploi du frein à huile est donc justifié afin de diminuer ces grandes oscillations et d'assurer un bon aspect au fonctionnement du régulateur.

2° Machine Corliss du Creusot.

Le régulateur de cette machine, du type ordinaire de Watt, agit sur la distribution par le déplacement horizontal de deux couteaux ; ce déplacement est obtenu directement par le mouvement vertical de deux plans inclinés reliés au manchon, l'un pour l'avant, l'autre pour l'arrière.

Quoique ces plans soient très inclinés, on a constaté, en enlevant le frein à huile, que les couteaux font, à chaque déclenchement des tiroirs, osciller le manchon de 1 millimètre.

Mais ces oscillations sont trop faibles et trop rapides pour expliquer la présence du frein à huile dont l'emploi n'est motivé que pour réduire les oscillations dues à l'inertie radiale des pièces, inertie qui résulte de ce que le régulateur, dont le manchon est trop faible et le bras de levier des boules trop grand, ne tourne qu'à 80 tours.

En résumé, le frein à huile doit être absolument condamné pour des machines de types quelconques (Corliss ou autres) à travail très variable.

Il ne serait nécessaire que pour des régulateurs rigoureusement isochrones.

Son emploi n'est pas motivé, par suite, sur un régulateur ordinaire qui, pour être bien étudié théoriquement, doit s'écarter convenablement de l'isochronisme.

Les oscillations dues, soit au frottement, soit à l'inertie des pièces, doivent être évitées en donnant au régulateur une stabilité suffisante en lui-même par l'étude raisonnée de ses éléments (grande vitesse et faible course du manchon).

Dans le cas particulier des régulateurs des machines genre Corliss, le frein à huile devra être employé si les réactions produites sur le régulateur par les déclenchements des tiroirs sont assez fortes et assez longues pour troubler la distribution ; on peut néanmoins les employer pour toutes les machines à déclenchements brusques en général, afin d'éviter le mauvais effet produit sur l'œil par les oscillations du manchon.

DEUXIÈME PARTIE

Action des régulateurs sur le travail. Régulateurs à valve. — Régulateurs à détente.

Jusqu'ici nous n'avons étudié que les causes de perturbations inhérentes aux régulateurs proprement dits ; mais, suivant la façon dont ils attaquent et corrigent la puissance, les régulateurs donnent des résultats différents ; c'est à ce point de vue qu'il faut les distinguer en *régulateurs à valve* et en *régulateurs à détente*.

Les premiers agissent sur la pression de la vapeur en l'étranglant par un papillon, une valve, une lanterne équilibrée, etc.; — les seconds agissent sur la durée de l'admission ; ce sont ceux des machines Corliss à tiroirs cylindriques, à soupapes, type Sulzer, et d'autres machines de types très variés.

Tout d'abord, au point de vue de la vapeur emmagasinée, les régulateurs à détente sont supérieurs aux régulateurs à valve, comme nous l'avons dit plus haut. Mais leur grande supériorité est due surtout :

1° *A une très grande variation de puissance pour le déplacement total de la course du manchon.*

Ainsi nous signalons les résultats suivants :

1° Sur une machine Sulzer de 7 *chx*, j'ai relevé que l'admission passait de 0,103 à 0,805 de la course et le travail de 7,5 *chx* à 25,2 *chx* quand le manchon parcourait toute sa course ;

2° Sur la machine Porter-Allen, sans condensation, dont il est parlé plus haut, j'ai constaté en laissant marquer constamment le crayon d'un indicateur placé à l'avant du cylindre, pendant la durée de sciage d'un rail, que le manchon du régulateur parcourant plusieurs fois sa course complète fait varier l'admission de 0,04 à 0,531 de la course et le travail correspondant de — 16,3 *chx* à 83,5 *chx* (le travail négatif de — 16,3 *chx* est dû à l'absence de condenseur, le diagramme présentant un crochet) ;

3° Sur la machine Corliss essayée au Creusot, dont j'ai parlé plus haut, d'une force de 100 *chx* environ, j'ai relevé au cours de notre série d'essais, des forces variant de 10,45 *chx* pour la machine à vide, à 209,4 *chx* pour une admission de 0,26 à une pression de 4,75 *kg*.

2° *A la suppression complète du travail quand les boules sont à leur position supérieure*, tandis qu'avec les régulateurs à valve, le jeu

... est nécessaire d'avoir pour assurer le libre mouvement de la ... laisse passer encore assez de vapeur à la position haute des ... pour que la machine continue à tourner.

3° *A la possibilité de donner au manchon une course très petite*, ce ... on ne peut faire avec les régulateurs à valve sans augmenter ... beaucoup l'effort de frottement de la valve évalué au manchon. La course du manchon varie d'ailleurs suivant le type de ma... , d'après le système de la distribution et de l'attaque du ... régulateur sur la détente.

Cette propriété entraîne comme conséquence un très faible écart ... vitesses du régulateur, boules hautes et boules basses, et ... met très simplement la question théorique de l'isochronisme. Nous, dans la machine Sulzer citée plus haut, la course du ... chon est de 0,020 *m* et donne un écart de 1 32e, soit 1,36 tour ... la vitesse de régime, 43 tours de la machine.

Dans la machine Corliss du Creusot, les tringles de détente ... réglées pour annuler l'admission à l'avant et à l'arrière à la ... position haute des boules, les admissions maxima par les déclics ... atteignent à l'arrière quand le régulateur s'est abaissé de 0,036 *m* ... lement, à l'avant quand il s'est abaissé de 0,0395 *m*. Dans ce ... vement, le régulateur fait passer l'admission : à l'arrière, de ... 0,573; à l'avant, de 0 à 0,55. Au delà de ces positions du man... , l'admission a lieu subitement pendant toute la course, le ... chement des obturateurs ne se produisant plus.

Les variations d'admission dans ces courses de manchon, 0,036 *m* ... 0,0395 *m*, dépendent du fonctionnement plus ou moins prompt ... rappels des obturateurs ; dans tous les cas, pour la même posi... du régulateur, les admissions seront d'autant plus grandes ... la machine fera un plus grand nombre de tours, car, pendant ... rappel de l'obturateur qui dure le même temps, le piston par... plus de chemin.

Nous, au cours des essais faits sur la machine Corliss du Creu... à différentes vitesses, nous avons relevé les admissions maxima ... les déclic suivantes :

	AVANT	ARRIÈRE	MOYENNE	
A ... tours	0,45	0,55	0,50	Le rappel arrière retombe moins vite que celui avant
A ... tours	0,54	0,62	0,58	
A ... tours	0,625	0,715	0,69	

Dans les régulateurs à valve, au contraire, le travail varie très peu pour le déplacement total des boules.

En effet, si, pour la machine pilon de 50 *chx* fonctionnant, compound ou à un seul cylindre, nous reprenons les chiffres inscrits dans le tableau des essais relatifs à l'étude de la vapeur emmagasinée, nous avons les résultats suivants :

DÉSIGNATIONS	ADMISSIONS	ORDONNÉE MOYENNE DES DIAGRAMMES		TRAVAIL		
		BOULES HAUTES	BOULES BASSES (1)	BOULES HAUTES	BOULES BASSES	Rapport
		kg	*kg*	chevaux	chevaux	
Marche à un seul cylindre	0,20	0,724	$\frac{1,32}{0,94} = 1,40$	10,45	19,65	0,532
	0,60	1,227	$\frac{2,74}{0,94} = 2,92$	17,8	41,0	0,434
Marche compound.	0,20	$0,573 + 0,326 \times 2,88 = 1,225$	$\frac{1,2 + 0,347 \times 2,88}{0,94} = 2,36$	17,73	33,2	0,534
	0,60	$0,540 + 0,212 \times 2,88 = 1,152$	$\frac{1,81 + 0,326 \times 2,88}{0,94} = 2,93$	16,7	41,2	0,405

(1) Ces ordonnées, boules basses, sont obtenues en divisant les ordonnées boules milieu par 0,94 ; ce coefficient est le rapport du travail boules milieu et boules basses donné par l'expérience n° 4, marche à un seul cylindre ; nous l'appliquons également au cas de la marche compound.

Ce tableau montre que la réduction du travail quand le régulateur parcourt toute sa course montante est assez faible, qu'elle augmente avec l'admission et qu'elle est à peu près la même pour une machine à un seul cylindre et pour une machine compound.

De plus, le travail minimum, boules hautes, est encore assez grand, tandis qu'il est nul dans les régulateurs à détente; ce travail est produit par la vapeur qui passe par le jeu qu'on est forcé d'accepter dans la lanterne, pour ne pas créer de frottement; dans ces conditions, un tel régulateur est loin d'être un appareil de sûreté en cas d'accident; la machine s'accélérerait indéfiniment si la plus petite valeur du travail résistant était plus faible que le travail produit par la vapeur qui passe par le jeu de la lanterne.

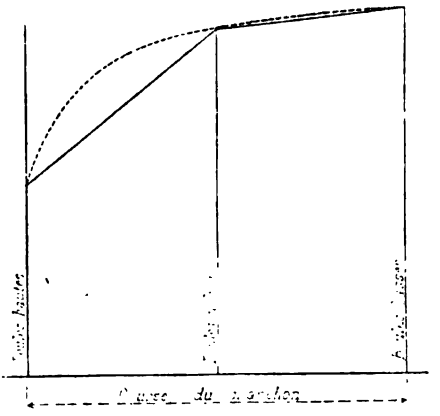
Pour atténuer cet inconvénient, il faut que ce jeu soit aussi faible que possible et que l'ajustage soit soigné en conséquence.

Variations de travail en fonction des déplacements du manchon. — Régulateurs à valve. — En reprenant le tableau relatif aux essais

sur la vapeur emmagasinée entre l'organe de réglage et le cylindre, on voit que, pour les régulateurs à valve, ***la réduction de travail est loin d'être proportionnelle au déplacement du manchon.***

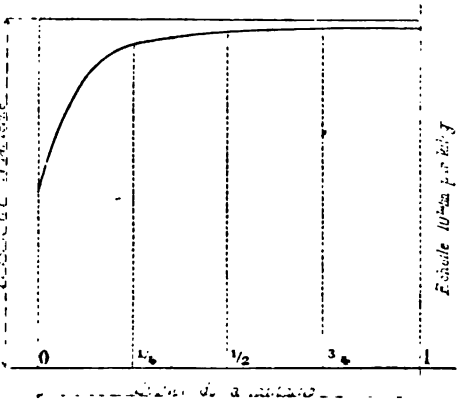
Ainsi, alors que le régulateur, en partant de sa position milieu pour atteindre sa position haute, diminue l'ordonnée moyenne des diagrammes, c'est-à-dire le travail, de 0,549 (marche à un seul cylindre), il ne la diminue que de 0,94 quand il parcourt sa demi-course inférieure, résultat qu'on peut traduire graphiquement en portant les déplacements du manchon en abscisses et les valeurs correspondantes du travail en ordonnées *(fig. 2)*.

Fig. 2



En réalité, la courbe des ordonnées moyennes et du travail en fonction des positions du manchon doit affecter la forme de la courbe ponctuée *(fig. 2)*, comme l'indique l'expérience suivante que nous avons faite : la lanterne du régulateur de la machine compound-pilon fut montée sur une conduite de vapeur ; la vapeur, après avoir traversé la lanterne, s'écoulait par un tuyau débouchant à l'air libre et terminé par un robinet dont on réglait l'ouverture pour avoir une certaine résistance à l'écoulement ; deux manomètres, placés l'un en avant de la lanterne, l'autre après, ont donné les résultats indiqués figure 3. Cette courbe des pressions après la lanterne doit se modifier sur la machine même, à cause du mouvement du piston ; néanmoins, la courbe

Fig. 3



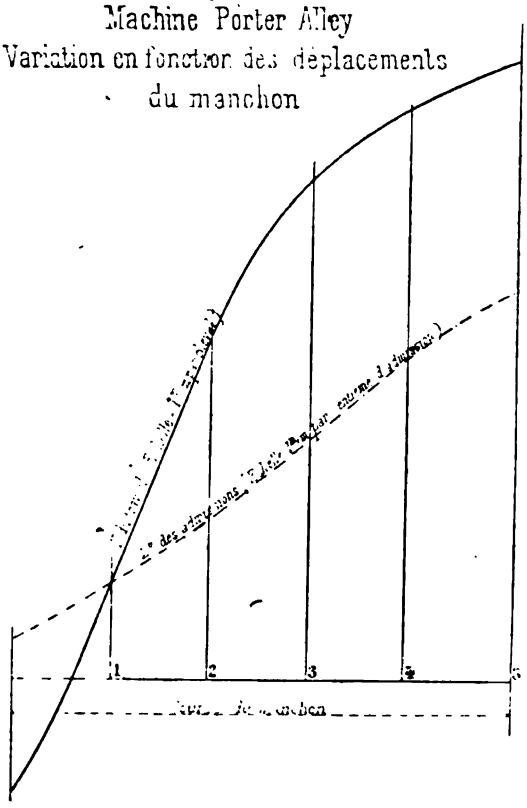
des ordonnées moyennes ou du travail doit lui être analogue.

Pour que le régulateur à valve agisse alors à peu près proportionnellement pendant le déplacement total du manchon, il faut accepter nettement un certain étranglement pour la vitesse de régime et réduire de beaucoup la section de passage de la lanterne. Ainsi, sur la machine compound d'études, cette section était formée de deux orifices de 28 *mm* de largeur sur 65 *mm* de longueur, soit 0,032 du volume engendré par seconde.

Fig. 4

Machine Porter Alley

Variation en fonction des déplacements du manchon



Cette proportion, qui est celle des orifices d'introduction du tiroir, doit être réduite de beaucoup, et les courbes *(fig. 2 et 3)* montrent qu'il faut adopter pour cette section deux orifices donnant une ***section totale de 0,01 du volume engendré par seconde.***

Cette règle entraînera une certaine perte de pression pour la vitesse de régime; mais le régulateur sera un appareil réglant constamment le travail et non simplement un appareil de sûreté en cas d'accélération.

Nous ferons, d'ailleurs, remarquer que la règle admise jusqu'ici pour la section totale de la lanterne, à savoir : la section des orifices du tiroir, n'est obtenue qu'en un seul point de la course du piston, quand les orifices sont découverts complètement; cette règle n'est donc pas très justifiée.

Régulateurs à détente. — Dans les régulateurs à détente, l'augmentation du travail, sans devenir proportionnelle à l'abaissement du manchon, se produit toujours; ce qui n'aurait pas lieu avec un régulateur agissant sur une valve à grande section

La loi de variations rappelle à peu près celle indiquée plus haut pour un régulateur à faible section de valve (0,01 du volume engendré par seconde); les variations restent plus grandes dans la position haute des boules.

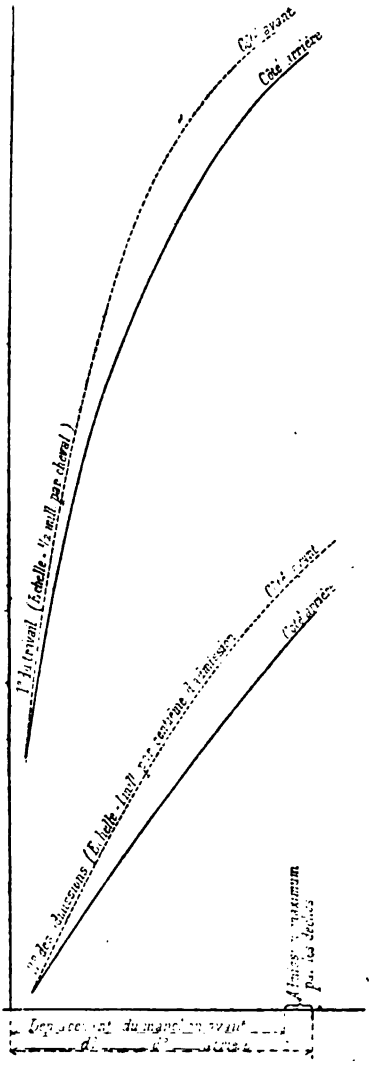
Pour la machine Porter-Allen, citée plus haut, nous avons obtenu à peu près cette loi en relevant sur la machine même les admissions moyennes correspondant à cinq fractions égales de la course du manchon et en calculant sur le diagramme relevé à l'avant les travaux correspondant à ces admissions *(fig. 4)*.

Pour la machine Corliss d'essais, j'ai relevé en marche, par des diagrammes, les admissions et le travail correspondant, le régulateur étant calé à différentes positions; la machine était réglée comme cela est indiqué précédemment, de façon à annuler l'admission à l'avant et à l'arrière pour la position haute des boules; on a obtenu les résultats suivants *(fig. 5)* :

Fig. 5

Machine Corliss.

Variation en fonction des déplacements du manchon.



Abaissement du manchon (en millimètres)		2,5	5,5	9,5	12,5	18	23	29,5	36	39,5
Admissions en fractions de course	avant .	0,016	0,07	0,135	0,186	0,260	0,325	0,41	0,485	0,55 (1)
	arrière.	0,016	0,08	0,17	0,235	0,336	0,41	0,505	0,573 (1)	
Travail indiqué correspondant	avant .	55	106	144	170	197	218	239	253	260
	arrière.	66	111	159	192	202	239	257	264	

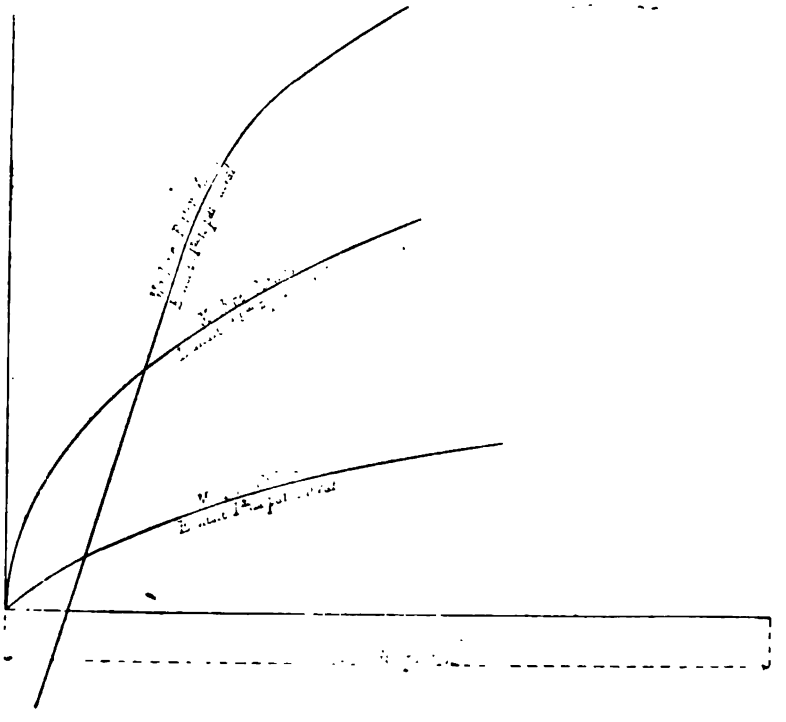
Pression initiale au cylindre = 4 *kg*.
Nombre de tours par minute = 60.

(1) Ces admissions sont celles maxima permises par les déclics.

Ces résultats d'essais sur la machine Porter-Allen et sur la machine Corliss montrent que, dans les régulateurs à détente, les déplacements du manchon produisent des variations à peu près proportionnelles dans les admissions et, au contraire, des variations dans le travail plus grandes à mesure que le régulateur monte vers la position haute des boules.

Fig. 6

Variation du travail en fonction des admissions



Cette action sur le travail tient à ce que les variations de travail ne sont pas proportionnelles aux admissions et qu'elles sont d'autant moins grandes que l'admission augmente, comme l'indique le relevé ci-joint pour les trois machines précitées *(fig. 6)*.

En résumé, les régulateurs agissant sur la détente par déclics, bien établis, c'est-à-dire à frottements doux, stables, en proportion avec les dimensions de la machine, munis d'un frein à huile à énergie variable, donnent d'excellents résultats ; ils permettent une grande variation de puissance et, au besoin, la suppression complète du travail et l'arrêt de la machine; de plus, la possibilité de leur donner une très faible course du manchon les rend suffisamment isochrones. Aussi, pour ces régulateurs, le type de Watt, ou mieux celui de Porter, est-il très suffisant.

Pour les machines à grandes variations de travail, telles que les machines de forge, le frein à huile peut être supprimé.

Au contraire, les régulateurs qui agissent en étranglant la vapeur par une lanterne équilibrée, quoique bien établis aussi, donnent forcément une variation de puissance bien moins grande. Pour augmenter cette variation et en même temps réduire autant que possible le travail à la position haute des boules, la lanterne doit tourner sans jeu dans sa boîte, mais à frottement doux, toutefois.

De plus, pour que ces régulateurs agissent plus régulièrement sur le travail pour toute la course du manchon, il faut étrangler déjà suffisamment la vapeur pour la position milieu des boules et prendre comme règle, pour la section totale de la lanterne, 0,01 du volume engendré par seconde.

Enfin, il faut que cette lanterne laisse entre elle et le tiroir le plus petit volume possible.

TROISIÈME PARTIE

Solution théorique de la question des régulateurs.

La solution théorique de la question des régulateurs ne doit pas consister dans la recherche de l'isochronisme parfait, car un régulateur absolument isochrone, non retenu par des frottements, oscillerait constamment, à chaque tour de machine, de la hauteur de la course du manchon, en suivant toutes les variations de vitesse du volant, qui, théoriquement, devrait alors être infini.

Laisser des frottements dans les régulateurs, ou lui ajouter un frein à huile pour conserver un appareil isochrone est une mauvaise solution, comme nous l'avons vu plus haut. Si, pour les besoins de la pratique, l'écart doit être aussi faible que possible, il n'en faudra pas moins que le régulateur s'écarte suffisamment de l'isochronisme parfait.

La solution de la question des régulateurs au Creusot n'a pas consisté dans la recherche d'un nouveau type de régulateur, les régulateurs de Watt, ou mieux celui de Porter, les plus simples comme calculs, ou, si l'on veut se rapprocher davantage de l'isochronisme, le régulateur Andrade ou celui de Farcot, répondent suffisamment aux besoins de la pratique.

Cette solution n'a consisté que dans l'étude d'un système simple de contrepoids doublement mobile, pouvant s'ajouter sur le manchon de ces divers régulateurs, lorsque, *dans quelques cas particuliers*, on recherche un appareil parfait, c'est-à-dire remplissant les conditions suivantes :

1° Faire varier la vitesse de régime sans rien changer au régulateur ; ce qu'on peut obtenir, d'ailleurs *a priori*, dans un régulateur quelconque, en rendant le poids du manchon variable, à l'aide d'un contrepoids pouvant se déplacer horizontalement sur le levier du manchon ;

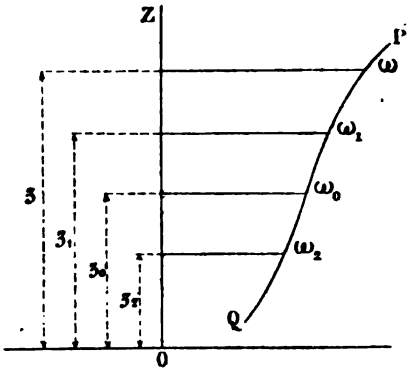
2° Faire varier à volonté le degré d'isochronisme, c'est-à-dire l'écart de vitesse entre les positions haute et basse du manchon ; ce que ne possèdent pas les régulateurs appliqués jusqu'ici.

Considérons un régulateur de Watt ; pour le rendre à écart variable, il suffit de lui ajouter un contrepoids R relié par OR au levier OM du manchon et pouvant tourner avec lui autour du point fixe O en suivant les mouvements du manchon.

Supposons le mouvement du régulateur uniforme, c'est-à-dire négligeons les variations de la vitesse angulaire du volant dans un tour.

Admettons un instant que la course du manchon ne soit pas limitée ; soit, pour une position quelconque du régulateur, z la hauteur du manchon au-dessus d'un plan horizontal $O\Omega$ et ω la vitesse angulaire correspondante du régulateur, ω sera uniquement fonction de z et cette fonction pourra être représentée par la courbe PQ *(fig. 7)*.

Fig. 7



Mais, entre les hauteurs z_1 et z_2 correspondant aux positions extrêmes de la course limitée du manchon, la courbe PQ se confond presque avec une ligne droite et la vitesse ω devient très approximativement une fonction de z qui donne, pour la vitesse ω_0 à la position milieu du régulateur :

$$\text{(B)} \qquad \omega_0 = \frac{\omega_1 + \omega_2}{2}$$

ω_1 et ω_2 étant les vitesses angulaires aux hauteurs extrêmes z_1 et z_2. Ce résultat a lieu quel que soit le type du régulateur.

Ceci posé, reprenons le régulateur de Watt à écart variable. Soit Q' l'action du contrepoids R sur le manchon Q, et soient, pour une certaine position du contrepoids R correspondant à une vitesse de régime et à un degré d'isochronisme donnés : OR $= r$ et $\theta =$ angle de OR avec le prolongement du levier MO; soient alors pour une position quelconque du régulateur, correspondant à la vitesse angulaire ω *(fig. 8)*,

α l'angle de la bielle des boules avec l'axe ;

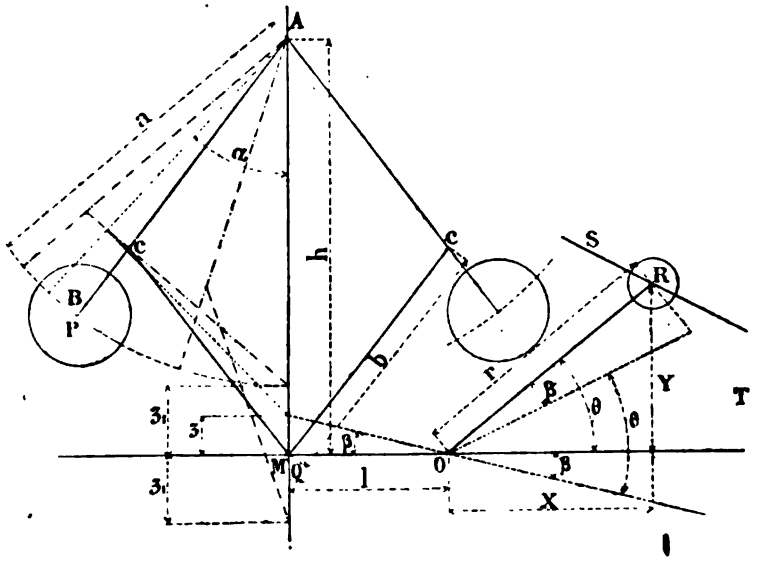
β l'angle du levier OM avec l'horizontale ;

h la distance verticale du manchon au sommet A du régulateur,

et z la hauteur du manchon au-dessus du plan horizontal passant par O ;

La course du manchon sera représentée par $2z$.

Fig. 8



L'application du théorème du travail virtuel donne :

$$(1)\qquad \frac{2P}{g}\omega^2 a^2 \sin\alpha\cos\alpha\,d\alpha - 2Pa\sin\alpha\,d\alpha - (Q-Q')dz = 0.$$

Mais $h - z = 2b\cos\alpha$, d'où $\cos\alpha = \frac{h-z}{2b}$ et $dz = 2b\sin\alpha\,d\alpha$, l'équation (1) devient alors :

$$\frac{2P}{g}\omega^2 a^2 \sin\alpha\frac{h-z}{2b}\,d\alpha - 2Pa\sin\alpha\,d\alpha - 2(Q-Q')b\sin\alpha\,d\alpha = 0,$$

ou

$$(2)\qquad \frac{P}{g}\omega^2 a^2\frac{h-z}{2b} = Pa + (Q-Q')b.$$

Cherchons la valeur de Q' ; on a :

$$Q'l = Rr\cos(\theta-\beta) = Rr(\cos\theta\cos\beta + \sin\theta\sin\beta)$$
$$= Rr\cos\beta(\cos\theta + \sin\theta\,\mathrm{tg}\,\beta);$$

or, $\mathrm{tg}\,\beta = \frac{z}{l}$ d'où $\cos\beta = \frac{l}{\sqrt{l^2+z^2}}$

et

$$Q'l = Rr\frac{l}{\sqrt{l^2+z^2}}\left(\cos\theta + \sin\theta\cdot\frac{z}{l}\right)$$

et

$$Q' = \frac{Rr}{l\sqrt{l^2+z^2}}(l\cos\theta + z\sin\theta).$$

L'équation (2) devient, en remplaçant Q' par cette valeur :

$$\frac{P}{g}\omega^2a^2\frac{(h-z)}{2b} = Pa + b\left(Q - \frac{Rr}{l\sqrt{l^2+z^2}}(l\cos\theta + z\sin\theta)\right)$$

ou

$$\frac{Pa^2}{2gb}\omega^2(h-z) = Pa + bQ - \frac{Rb}{l}\cdot\frac{r}{\sqrt{l^2+z^2}}(l\cos\alpha + z\sin\theta).$$

En posant $\frac{Pa^2}{2gb} = M$ et $Pa + bQ = N$,

on a définitivement :

$$(3)\qquad M\omega^2(h-z) = N - \frac{Rb}{l}\cdot\frac{r}{\sqrt{l^2+z^2}}(l\cos\theta + z\sin\theta).$$

Telle est l'équation générale du système étudié.

Pour la vitesse de régime ω_o, on a $z = 0$.

L'équation (3) devient alors :

$$M\omega_o^2h = N - \frac{Rb}{l}r.\cos\theta.$$

Posons $r\cos\theta = X$ = projection de OR sur l'horizontale, on a :

$$(4)\qquad M\omega_o^2h = N - \frac{Rb}{l}\cdot X.$$

La vitesse de régime ω variera donc d'une manière continue avec X, c'est-à-dire que, pour faire varier la vitesse de régime, il suffit de déplacer horizontalement le contrepoids R ; en l'éloignant du point O, la vitesse diminue.

Les valeurs extrêmes de ω sont :

$$\omega_o^2 = \frac{N}{Mh} \text{ pour } X = 0$$

et

$$\omega_o = 0 \text{ pour } X = \frac{Nl}{Rb}.$$

Cherchons maintenant la *loi de l'isochronisme.*

En remplaçant, dans l'équation générale (3), ω par ses valeurs ω_1 et ω_2 correspondant aux positions extrêmes du manchon pour $z = z_1$ et $z = -z_1$, on a :

$$M\omega_2^2(h - z_1) = N - \frac{Rb}{l}\frac{r}{\sqrt{l^2 + z^2}}(l\cos\theta + z_1\sin\theta),$$

$$M\omega_2^2(h + z_1) = N - \frac{Rb}{l}\frac{r}{\sqrt{l^2 + z_1^2}}(l\cos\theta - z_1\sin\theta);$$

d'où, en retranchant :

$$M[\omega_1^2(h - z_1) - \omega_2^2(h + z_1)] = -\frac{2Rbz_1}{l\sqrt{l^2 + z_1^2}} \cdot r\sin\theta;$$

soit $r\sin\theta = Y =$ projection de OR sur la verticale. Posons :

$$\frac{2Rbz_1}{l\sqrt{l^2 + z_1^2}} = \text{constante} = T,$$

l'équation précédente devient :

$$\omega_1^2(h - z_1) - \omega_2^2(h + z_1) = \frac{T}{M} \cdot Y. \qquad (5)$$

Soit $\mathcal{E}$ le degré d'isochronisme, c'est-à-dire l'écart de vitesse du régulateur, boules hautes et boules basses, rapporté à la vitesse de régime ω_0, on a :

$$\mathcal{E} = \frac{\omega_1 - \omega_2}{\omega_0}.$$

Cette valeur de $\mathcal{E}$ combinée avec l'équation fondamentale (B) $\omega_0 = \frac{\omega_1 + \omega_2}{2}$ nous donne, en les ajoutant :

$$\omega_1 = \omega_0 + \frac{\mathcal{E}\omega_0}{2} = \omega_0\left(1 + \frac{\mathcal{E}}{2}\right);$$

en les retranchant :

$$\omega_2 = \omega_0 - \frac{\mathcal{E}\omega_0}{2} = \omega_0\left(1 - \frac{\mathcal{E}}{2}\right),$$

l'équation (5) devient, en remplaçant ω_1 et ω_2 par ces valeurs :

$$\omega_0^2\left[h\left[\left(1 + \frac{\mathcal{E}}{2}\right)^2 - \left(1 - \frac{\mathcal{E}}{2}\right)^2\right] - z_1\left[\left(1 + \frac{\mathcal{E}}{2}\right)^2 + \left(1 - \frac{\mathcal{E}}{2}\right)^2\right]\right] = \frac{T}{M}Y,$$

ou en effectuant :

$$\omega_0^2\left(2h\mathcal{E} - 2z_1 - \frac{z_1\mathcal{E}^2}{2}\right) = \frac{T}{M}Y. \tag{6}$$

D'après l'équation (4), on tire pour la vitesse de régime :

$$\omega_0^2 = \frac{N}{Mh} - \frac{Rb}{Mhl}X,$$

d'où, en remplaçant dans l'équation (6) on a :

$$\left(2h\mathcal{E} - 2z_1 - \frac{\mathcal{E}^2 z_1}{2}\right)\left(\frac{N}{Mh} - \frac{Rb}{Mhl}X\right) = \frac{T}{M}Y. \tag{7}$$

Pour que le degré d'isochronisme $\mathcal{E}$ reste constant, quelle que soit la vitesse de régime ω_0, il faut, dans l'équation (6), que Y soit proportionnel à ω_0^2, c'est-à-dire de la forme $Y = K\omega^2$.

Il faut donc que l'équation (7) soit de la forme :

$$\frac{Y}{K} = \frac{N}{Mh} - \frac{Rb}{Mhl}X. \tag{8}$$

Cette équation en X et Y est celle d'une droite.

Donc, pour conserver toujours le même degré d'isochronisme, quelle que soit la vitesse de régime, il faut déplacer le contrepoids R *suivant une droite* ST *déterminée par l'équation* (8).

Cette droite rencontre l'horizontale du point OX en un point T situé à une distance X du point O donnée par la formule (8) en y faisant $Y = 0$, soit :

$$X = \frac{Nl}{Rb}.$$

Cette valeur de X est précisément celle donnée précédemment par l'équation (4) de la vitesse de régime quand on y fait $\omega_0 = 0$.

De plus, cette valeur de X est indépendante de $\mathcal{E}$; donc toutes les droites de même isochronisme passeront par ce même point T.

Pour une même vitesse de régime, c'est-à-dire pour une même valeur de ω, et par suite de X, on fera varier l'isochronisme en déplaçant verticalement le contrepoids R d'après la loi suivante :

$$Y = \frac{M\omega_0^2}{T}\left(2h\mathcal{E} - 2z_1 - \frac{\mathcal{E}^2 z_1}{2}\right) \tag{9}$$

équation d'une parabole en Y et $\mathcal{E}$ qui donne *(fig. 9)*:

pour $\mathcal{E} = 0$ en A $Y = \frac{2M\omega_0^2}{T} z_1$ (le régulateur devient isochrone.)

pour $\mathcal{E} = \frac{2}{z_1}(h - \sqrt{h^2 - z_1^2})$ $Y = 0$

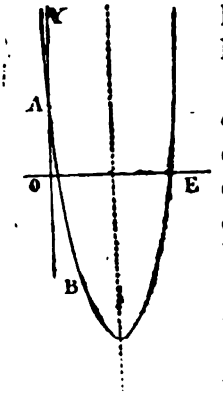
pour $\mathcal{E} = \frac{2h}{z_1}$ $Y = \frac{2M\omega_0^2}{T}\left(\frac{h^2 - z_1^2}{z_1}\right)$

pour $\mathcal{E} = \frac{2}{z_1}(h + \sqrt{h^2 - z_1^2})$ $Y = 0$

pour $\mathcal{E} = \infty$ $Y = \infty$

$\mathcal{E}$ est toujours compris, en pratique, dans la partie AB de la courbe, le point A correspondant à l'isochronisme parfait du régulateur; cette courbe montre alors que, pour augmenter l'écart, pour une vitesse de régime donnée, il suffit d'abaisser verticalement le contrepoids en partant de la position où il rend le régulateur isochrone.

Fig. 9



En résumé, cette théorie montre que: pour obtenir d'un régulateur à force centrifuge quelconque donné le degré d'isochronisme qu'on veut et permettre de maintenir ce degré d'isochronisme quand la vitesse de régime vient à varier, tout en laissant la faculté de modifier cette vitesse sans même arrêter la machine, il suffit de munir ce régulateur d'un contrepoids agissant sur le levier de manœuvre et susceptible de se déplacer le long d'une droite, mobile elle-même autour d'un point fixe sur ce levier.

Ce point fixe est celui où devrait être placé le contrepoids, pour maintenir en équilibre le régulateur supposé au repos, dans les deux positions extrêmes du manchon. Ce point peut s'obtenir par une simple pesée, sans aucun calcul.

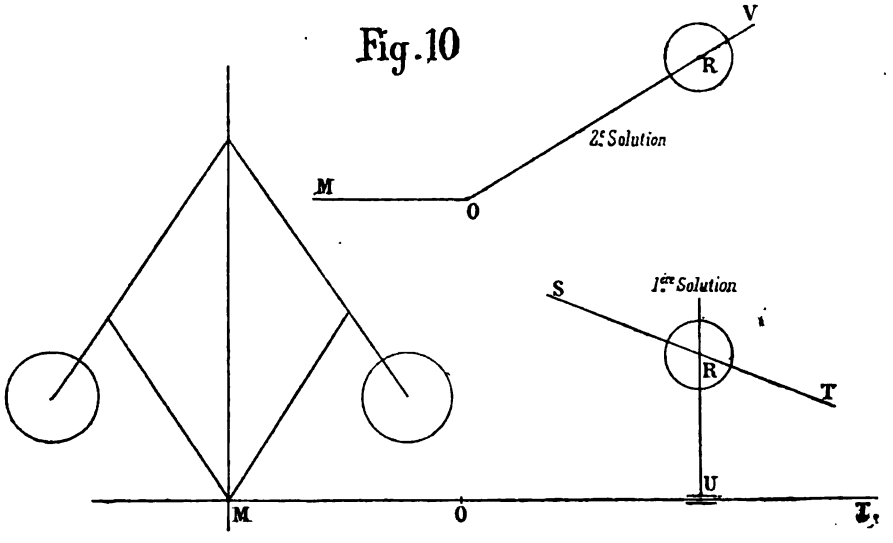
On pourrait réaliser très simplement cette théorie sur un régulateur quelconque, en prolongeant le levier du manchon jusqu'au point fixe T déterminé expérimentalement; ce point servirait d'axe à un autre levier ST sur lequel on pourrait faire glisser le contrepoids R.

Mais ce point fixe est assez éloigné sur le levier de manœuvre et comme, d'ailleurs, les diminutions pratiques de la vitesse de

régime laisseraient toujours le contrepoids R assez loin du point fixe T, on peut adopter les deux solutions suivantes *(fig. 10)* :

1° Le contrepoids R est placé sur un levier vertical UR sur

Fig. 10



lequel il peut glisser quand on veut faire varier le degré d'isochronisme d'après l'équation (9), ce levier vertical pouvant lui-même, quand la vitesse de régime variera, glisser sur le levier OT du manchon autour duquel on pourra aussi le faire tourner.

On conçoit que l'application des calculs des valeurs de X et de Y d'après les formules précédentes permettrait d'obtenir pour les leviers OT et UR un système de graduations correspondant aux diverses vitesses de régime et aux divers degrés d'isochronisme.

2° Le contrepoids R est placé sur un seul levier OV qu'on peut fixer sous divers angles avec l'horizontale à l'aide d'un boulon servant d'axe en O ; l'écrou O étant serré pour la position voulue du levier, celui-ci ne fera plus qu'une seule pièce avec le levier MO du manchon. De plus, en faisant glisser le contrepoids R sur son levier, on comprend qu'on arrive aux mêmes résultats qu'avec la solution précédente.

En plaçant le levier OV horizontalement dans le prolongement du levier du manchon, on retrouve le régulateur ordinaire.

Pour appliquer cette théorie, par l'une ou l'autre de ces deux solutions, dans les cas particuliers où l'on veut avoir un régulateur donnant le minimum d'écart compatible avec le poids et

l'écart du volant et avec la construction du régulateur proprement dit, le plus simple serait de se dispenser de tout calcul et de déterminer la position du contrepoids R au-dessus de l'horizontale par tâtonnements lors de la mise en marche de la machine.

Dans la plupart des cas, cette position ainsi fixée ne variera plus, car les variations de la vitesse de régime et de l'écart sont assez rares.

CALCUL RIGOUREUX

DES

CHARPENTES SUR COLONNES

A BASES ENCASTRÉES

PAR

M. L. LANGLOIS

---

§ 1. — Classification des charpentes sur colonnes.

1. — Exposé. — Les charpentes sur colonnes peuvent se classer en trois dispositions caractéristiques *(Pl. 86)* :

1° le type n° 1 *(fig. 1)*, dans lequel la ferme proprement dite est reliée aux colonnes par des consoles ou par des jambes de force, les colonnes reposant simplement sur des dés en maçonnerie ;

2° le type n° 2 *(fig. 2)*, composé d'une ferme proprement dite reposant sur des colonnes encastrées à la base, la ferme et les colonnes n'étant reliées ni par des consoles ni par des jambes de force ;

3° le type n° 3 *(fig. 3)*, participant des deux premiers.

Dans cette dernière disposition, les colonnes sont encastrées à leur base et reliées à leur sommet à la ferme proprement dite.

Le type n° 1 est celui le plus généralement employé dans les constructions métalliques, et il constitue une copie pure et simple des charpentes en bois ordinaires.

Le type n° 2 est préconisé par M. Arajol, ingénieur à Barcelone.

Le type n° 3 est employé par nous d'une façon courante.

Remarque. — Les fermes de Dion n'entrent pas dans cette classification, car ce sont des arcs et non des charpentes sur colonnes.

§ 2. — Comparaison entre les trois types ci-dessus.

2. — Exposé. — Nous allons examiner comment se comporte chacun de ces trois types de charpente, dans les deux cas suivants de surcharge :

Premier cas. — *La charpente ne doit résister qu'à des surcharges verticales (neige) ;*

Deuxième cas. — *Elle est appelée à subir des efforts horizontaux (poussée du vent).*

3. — Premier cas. — Surcharge verticale. — Sous l'action des surcharges verticales, le travail de la ferme proprement dite ne se trouve pas sensiblement modifié par l'assemblage de cette ferme avec les colonnes.

Il reste donc à examiner quel est l'effet produit sur les colonnes dans chacun des trois types.

Or, les colonnes ont généralement des sections en I, dont la plus grande dimension se trouve dans le plan de la ferme proprement dite.

Elles ont donc une tendance à ployer dans le sens longitudinal ; et, dans ces conditions, leur résistance dépend à la fois de l'entretoisement du sommet et des dispositions de la base.

A emmanchements pareils des sommets, on peut donc dire que les types n^{os} 3 et 2 sont plus résistants que le n° 1 ; ou que, à résistance égale, les derniers types sont plus économiques que le premier.

4. — Deuxième cas. — Efforts horizontaux. — Pour se rendre compte de la valeur relative des trois dispositions considérées, il suffit d'examiner la façon dont les charpentes en question se déforment sous l'action d'une poussée de vent :

1° le type n° 1 prend la forme de la figure 1′, les colonnes étant soumises en leur pied à une réaction horizontale égale à *moins* la poussée horizontale totale sur un panneau ;

2° le type n° 2 se ramène à la forme représentée figure 2′, les colonnes étant attaquées en leur sommet par la poussée horizontale en question ;

3° le type n° 3 se déforme comme l'indique la figure 3′, les colonnes prenant une double courbure, avec points d'inflexion *a* situés un peu au-dessus de leur milieu.

Dans ces conditions, les différents éléments de chaque type de charpente subissent les effets suivants :

ÉLÉMENTS DES FERMES	TYPE N° 1	TYPE N° 2	TYPE N° 3
Ferme proprement dite.	Tensions résultant de l'effort subi par les jambes de force.		Tensions résultant de l'effort subi par les jambes de force (plus faible que dans le type 1).
Colonnes.	Moment maximum : $M' = P \times oA$	Moment maximum : $M'' = P \times oB > M'$	Moment maximum : $M''' = +P \times oA - M_{o,a} < M'$

Remarque. — P désigne la poussée horizontale totale sur un panneau ;

$M_{o,a}$ représente le moment d'encastrement de la base des colonnes;

oA est la distance du pied à l'attache de la jambe de force ;

oB, la hauteur totale des colonnes.

D'après ce tableau, on voit que :

1° le type n° 3 est toujours plus économique que le premier ;

2° le type n° 3 est presque toujours plus économique que le second ; mais, dans certaines conditions d'établissement et de surcharge, il peut devenir moins avantageux.

§ 3. — Comparaison entre la charpente sur colonnes du type n° 3 et une ferme de Dion.

5. — Poids. — On ne peut, par un simple raisonnement, apprécier l'économie que comporte le type n° 3, mis en parallèle avec une ferme de Dion.

Cette économie existe pourtant, et elle est même très sérieuse, surtout pour des charges verticales dissymétriques, et pour la poussée du vent.

On peut s'en rendre compte par le calcul.

6. — Stabilité. — Pour qu'une charpente sur colonnes encastrées s'effondre sous charge, il faut que l'une quelconque des pièces qui la composent vienne à se rompre.

Dans une ferme de Dion, un excès de surcharge peut entraîner la perte de l'ouvrage, sans provoquer immédiatement la rupture d'aucun organe.

Cet excès de surcharge peut, en effet, provoquer d'abord une déformation assez sensible pour accroître l'action des forces extérieures.

Il se produit alors une augmentation dans les effets de ces

forces, laquelle agit à son tour dans le sens d'une exagération de la déformation.

Et ainsi de suite, jusqu'à rupture finale ; laquelle est certaine, bien qu'elle ne se produise pas instantanément.

En conséquence, une ferme sur colonnes ne s'effondre que si le coefficient de rupture a été atteint ; tandis qu'une ferme de Dion est condamnée si le cofficient d'élasticité a été dépassé.

La stabilité de la première est donc à celle de la seconde dans un rapport voisin de $\frac{2}{1}$.

7. — Les charpentes sur colonnes du type n° 3 sont donc : plus légères que la ferme de Dion ; beaucoup plus stables que celles-ci.

§ 4. — Observation.

8. — Après avoir acquis la conviction de l'excellence du type n° 3, il nous a alors paru indispensable de déterminer un mode de calcul rigoureux, permettant d'établir ces charpentes avec sécurité et d'en tirer tout le parti possible.

C'est ce mode de calcul que nous allons développer. Il est basé sur l'emploi des formules générales de déformation.

§ 5. — Rappel des formules générales de déformation.

9. — Formules des poutres a ame pleine :

$$[1] \qquad \Delta\beta_n = + \Delta\beta_o - \int_{a_o}^{a_n} \frac{M_1}{EI}\, da,$$

$$[2] \qquad \Delta x_n = + \Delta x_o + \Delta\beta_o (y_n - y_o) - \int_{x_o}^{x_n} \frac{Q_1}{E\Omega}\, dx - \int_{a_o}^{a_n} \frac{M_1 (y_n - y)}{EI}\, da + \tau\chi (x_n - x_o),$$

$$[3] \qquad \Delta y_n = + \Delta y_o - \Delta\beta_o (x_n - x_o) - \int_{y_o}^{y_n} \frac{Q_1}{E\Omega}\, dy + \int_{a_o}^{a_n} \frac{M_1 (x_n - x)}{EI}\, da + \tau\chi (y_n - y_o).$$

10. — Formules des poutres en treillis :

$$[1] \qquad \Delta\beta_o \cdots + \Delta\beta_o - \sum_s \frac{M_1 a}{E\omega h^2},$$

$$[2] \quad \begin{cases} \Delta x_o \quad - \Delta x_o + \Delta\beta_o(y_o - y_o) - \sum_s \frac{M_1 a}{E\omega h^2}(y_o - y') \\ \qquad\qquad - \sum_s \frac{\gamma\chi a}{h}(y_o - y'), \end{cases}$$

$$[3] \quad \begin{cases} \Delta y_o = \cdots + \Delta y_o - \Delta\beta_o(x_o - x_o) + \sum_s \frac{M_1 a}{E\omega h^2}(x_o - x') \\ \qquad\qquad + \sum_s \frac{\gamma\chi a}{h}(x_o - x'). \end{cases}$$

11. — Désignation des différents termes entrant dans ces formules :

Q_1, compressions produites par les forces de gauche ;
Q_2, compressions produites par les forces de droite ;
M_1, moments produits par les forces de gauche ;
M_2, moments produits par les forces de droite ;
ds, longueur d'un élément ;
dx, projection horizontale de cette longueur ;
dy, projection verticale ;
Ω, surface d'une section de la poutre à âme pleine ;
E, module d'élasticité ;
I, moment d'inertie ;
a, longueur d'une barre du treillis ;
ω, section de cette barre ;
h, hauteur de cette barre ;
γ, accroissement ou diminution de la température ;
χ, coefficient de dilatation.
x_o, x_o ; y_o, y_o, coordonnées des sections ou nœuds o, o ;
x, y, coordonnées d'un point ;
x', y', coordonnées d'un sommet ;
β_o, β_o, angles que font, avec la verticale, les sections ou barres o, o ;
$\Delta\beta$, Δx, Δy, variations des éléments β, x, y.

Remarque. — Nous désignerons en outre par :
S_v, les forces verticales ;
s_v, leurs bras de levier par rapport à l'axe des y ;
S_h, les forces horizontales ;
s_h, leurs bras de levier par rapport à l'axe des x ;
M_o, M_n, les moments d'encastrement des sections o, n ;
V_o, V_n, les réactions verticales ;
H_o, H_n, les réactions horizontales.

§ 6. — Charpente à une seule travée, dans laquelle la ferme proprement dite est reliée par des jambes de force au sommet des colonnes *(fig. 4)*.

12. — Position de la question. — Nous nous trouvons en présence d'un arc encastré aux naissances et composé de trois éléments de natures différentes :

(a) deux parties droites, oA, nD, à âme pleine ou pouvant être considérées comme telles ;

(b) une partie en treillis grandes mailles, ABFCD.

On ne peut donc pas appliquer à cet arc les formules et les tracés graphiques des arcs à forme homogène, tels que les fermes de Dion.

Pour résoudre le problème, il faut grouper les formules [1], [2], [3] ; [1'], [2'], [3'].

Nous ne nous occuperons ici que de la solution analytique, nous réservant de présenter ultérieurement les méthodes graphiques correspondantes.

13. — Inconnues a déterminer. — Nous devons calculer :

$$(a)\begin{cases}\text{le moment d'encastrement . } M_o,\\ \text{la réaction verticale . . . . } V_o,\\ \text{la réaction horizontale . . . } H_o,\end{cases}\text{ du pied } o\text{ ;}$$

(b) les éléments analogues : M_n, V_n, H_n, du pied n.

Nous nous occuperons d'abord des fermes non symétriques, et nous supposerons que celle représentée figure 4 est dans ce cas.

14. — Calcul de M_o, V_o, H_o. — Pour calculer ces trois premières inconnues, il nous faut trois équations, que nous allons déterminer successivement.

(a).— Première équation. — Figure 5, représentons la colonne *o*AB, après la déformation qu'elle a subie sous l'action des forces qui sollicitent la charpente. Les points B, A sont venus en B′, A′.

Menons A′*a*, parallèle à AB.

La déformation devant être élémentaire, on peut admettre que :

$$\Delta\beta_{AB} = \frac{aB'}{AB} = \frac{BB' - AA'}{AB} = \frac{+\Delta x_B - \Delta x_A}{y_B - y_A}.$$

Appliquée aux points B, A, la formule [2] nous permet de poser, en négligeant la dilatation :

$$\Delta x_B = -\int_0^B \frac{M_1(y_B - y)}{EI}\,da = -\int_0^B \frac{M_1[y_A + (y_B - y_A) - y]}{EI}\,da,$$

$$= -(y_B - y_A)\int_0^B \frac{M_1}{EI}\,da - \int_0^B \frac{M_1(y_A - y)}{EI}\,da,$$

$$= -(y_B - y_A)\int_0^B \frac{M_1}{EI}\,da - \int_A^B \frac{M_1(y_A - y)}{EI}\,da - \int_0^A \frac{M_1(y_A - y)}{EI}\,da,$$

$$\Delta x_A = -\int_0^A \frac{M_1(y_A - y)}{EI}\,da\ ;$$

$$\Delta x_B - \Delta x_A = -(y_B - y_A)\int_0^B \frac{M_1}{EI}\,da - \int_A^B \frac{M_1(y_A - y)}{EI}\,da,$$

$$\text{(A)}\quad \Delta\beta_{AB} = \frac{\Delta x_B - \Delta x_A}{y_B - y_A} = -\int_0^B \frac{M_1}{EI}\,da - \frac{1}{y_B - y_A}\int_A^B \frac{M_1(y_A - y)}{EI}\,da.$$

A la barre CD, de la partie ABFCD, la formule (1′) nous donne ensuite :

$$\Delta\beta_{CD} = +\Delta\beta_{AB} - \sum_A^D \frac{M_1 a}{E\omega h^2}\ ;$$

ou, en remplaçant $\Delta\beta_{AB}$ par sa valeur, équation (A) :

$$\text{(B)}\quad \Delta\beta_{CD} = -\int_0^B \frac{M_1}{EI}\,da - \frac{1}{y_B - y_A}\int_A^B \frac{M_1(y_A - y)}{EI}\,da - \sum_A^D \frac{M_1 a}{E\omega h^2}.$$

Figure 6, représentons maintenant la colonne *n*DC, déformée sous l'action des forces.

Nous aurons, comme pour la colonne *o*AB :

$$\Delta\beta_{CD} = \frac{dC'}{DC} = \frac{+\Delta x_C - \Delta x_D}{y_C - y_D}.$$

Appliquons la formule [2] au point n. Il vient :

$$0 = + \Delta x_C + \Delta\beta_C(y_n - y_C) - \int_C^n \frac{M_1(y_n - y)}{EI}\,da,$$

$$0 = + \Delta x_C - y_C\Delta\beta_C + \int_C^n \frac{M_1 y}{EI}\,da,$$

$$0 = + \Delta x_D - y_D\Delta\beta_D + \int_D^n \frac{M_1 y}{EI}\,da.$$

Or, la formule [1] nous donne à son tour, appliquée en n :

$$0 = + \Delta\beta_C - \int_C^n \frac{M_1}{EI}\,da,$$

$$0 = + \Delta\beta_D - \int_D^n \frac{M_1}{EI}\,da ;$$

$$- \Delta\beta_C = - \int_C^n \frac{M_1}{EI}\,da,$$

$$- \Delta\beta_D = - \int_D^n \frac{M_1}{EI}\,da.$$

Dans les équations précédentes, remplaçons $-\Delta\beta_C$, $-\Delta\beta_D$ par ces valeurs. On arrive aux expressions :

$$0 = + \Delta x_C - y_C \int_C^n \frac{M_1}{EI}\,da + \int_D^n \frac{M_1 y}{EI}\,da,$$

$$= + \Delta x_C - (y_C - y_D)\int_C^n \frac{M_1 y}{EI}\,da - \int_C^D \frac{M_1(y_D - y}{EI}\,da - \int_D^n \frac{M_1(y_D - y)}{EI}\,da,$$

$$0 = + \Delta x_D - y_D \int_D^n \frac{M_1}{EI}\,da + \int_D^n \frac{M_1}{EI}\,da = + \Delta x_D - \int_D^n \frac{M_1(y_D - y)}{EI}\,da ;$$

qui nous donnent, en retranchant la seconde de la première :

$$0 = + \Delta x_C - \Delta x_D - (y_C - y_D)\int_C^n \frac{M_1}{EI}\,da - \int_C^D \frac{M_1(y_D - y)}{EI}\,da.$$

On en tire, $-M_2$ remplaçant $+M_1$:

$$(C) \quad \Delta\beta_{CD} = \frac{+\Delta x_C - \Delta x_D}{y_C - y_D} = - \int_C^n \frac{M_2}{EI}\,da - \frac{1}{y_C - y_D}\int_C^D \frac{M_2(y_D - y)}{EI}\,da.$$

Égalons maintenant les deux valeurs (B), (C) de $\Delta\beta_{CD}$; il vient :

$$[4]\quad \left\{ \begin{aligned} &-\int_C^n \frac{M_1}{EI}\,da - \frac{1}{y_C - y_D}\int_C^D \frac{M_1(y_D - y)}{EI}\,da \\ &= -\int_o^n \frac{M_1}{EI}\,da - \frac{1}{y_B - y_A}\int_A^B \frac{M_1(y_A - y)}{EI}\,da - \sum_A^D \frac{M_1 a}{E\omega h^2}, \end{aligned} \right.$$

première équation cherchée.

(*b*). — *Deuxième équation.* — Appliquons au point A la formule générale [2]. On obtient :

$$(D)\qquad \Delta x_A = -\int_o^A \frac{M_1(y_A - y)}{EI}\,da.$$

De même, la formule [2′], au nœud D, nous donne :

$$\Delta x_D = +\Delta x_A + \Delta\beta_{AB}(y_D - y_A) - \sum_A^D \frac{M_1 a}{E\omega h^2}(y_D - y'),$$

$$(E)\qquad \Delta x_D = -\int_0^A \frac{M_1(y_A - y)}{EI}\,da - \sum_A^D \frac{M_1 a}{E\omega h^2}(y_D - y').$$

La formule [2′] nous fournit à son tour, appliquée au pied *n* :

$$0 = +\Delta x_D + \Delta\beta_D(y_n - y_D) - \int_D^n \frac{M_1(y_n - y)}{EI}\,da,$$

$$0 = +\Delta x_D - \Delta\beta_D y_D + \int_D^n \frac{M_1 y}{EI}\,da.$$

Mais nous avons, avec la formule [1] :

$$0 = \Delta\beta_D - \int_D^n \frac{M_1}{EI}\,da,$$

$$-\Delta\beta_D = -\int_D^n \frac{M_1}{EI}\,da.$$

Donc :

$$0 = +\Delta x_D - y_D\int_D^n \frac{M_1}{EI}\,da + \int_D^n \frac{M_1 y}{EI}\,da = +\Delta x_D - \int_D^n \frac{M_1(y_D - y)}{EI}\,da.$$

$$(F)\qquad 0 = +\Delta x_D + \int_D^n \frac{M_1(y_D - y)}{EI}\,da\ ;$$

ou, en remplaçant Δx_D par sa valeur, formule (E) :

$$[5]\quad 0 = -\int_0^A \frac{M_1(y_A - y)}{EI} da - \sum_A^D \frac{M_1 a}{E\omega h^2}(y_D - y') + \int_D^m \frac{M_2(y_D - y)}{EI} da,$$

deuxième équation cherchée.

(*c*). — ***Troisième équation.*** — Opérons maintenant avec les formules [3], [3'], comme nous venons de le faire avec [2], [2'].

Il vient successivement :

$$(G)\quad \Delta y_A = -\int_0^A \frac{Q_1}{E\Omega} dy\ ;$$

$$\Delta y_D = +\Delta y_A - \Delta\beta_{AB}(2l - 0) + \sum_A^D \frac{M_1 a}{E\omega h^2}(2l - x'),$$

$$\Delta\beta_{AB} = -\int_0^B \frac{M_1}{EI} da - \frac{1}{y_B - y_A}\int_A^B \frac{M_1(y_A - y)}{EI} da \text{ [formule (A)]}.$$

$$(H)\quad \left\{ \Delta y_D = -\int_0^A \frac{Q_1}{E\Omega} dy + 2l\int_0^B \frac{M_1}{EI} da + \frac{2l}{y_B - y_A}\int_A^B \frac{M_1(y_A - y)}{EI} da + \sum_A^D \frac{M_1 a}{E\omega h^2}(2l - x')\ ; \right.$$

$$(I)\quad 0 = +\Delta y_D - \int_D^m \frac{Q_1}{E\Omega} dy = +\Delta y_D + \int_D^m \frac{Q_2}{E\Omega} dy,$$

$$[6]\quad \left\{ 0 = -\int_0^A \frac{Q_1}{E\Omega} dy + 2l\int_0^B \frac{M_1}{EI} da + \frac{2l}{y_B - y_A}\int_A^B \frac{M_1(y_A - y)}{EI} da + \sum_A^D \frac{M_1 a}{E\omega h^2}(2l - x') + \int_D^m \frac{Q_2}{E\Omega} dy; \right.$$

troisième équation à déterminer.

(*d*). — ***Observation.*** — Dans certains cas, on peut simplifier cette dernière équation en supprimant les intégrales contenant Q_1, Q_2.

Elle devient alors :

$$[6']\quad \left\{ 0 = +2l\int_0^B \frac{M_1}{EI} da + \frac{2l}{y_B - y_A}\int_A^B \frac{M_1(y_A - y)}{EI} da + \sum_A^D \frac{M_1 a}{E\omega h^2}(2l - x'). \right.$$

(*e*). — ***Transformation des équations*** [4], [5], [6]. — Pour que, des équations que nous venons d'établir, on puisse dégager M_0, V_0, H_0,

il faut remplacer, dans ces équations, Q_1, Q_2, M_1, M_2 par les valeurs que nous allons établir, valeurs qui seront données en fonction des inconnues du pied o et des forces extérieures.

Comme Q_1, M_1, Q_2, M_2 ont des valeurs différentes suivant les régions, nous allons donner les expressions de ces termes dans chacune des intégrales ou sommations entrant dans les équations [4], [5], [6].

1° *Intégrales de* o *à* A. — Dans ces intégrales :

$$[7] \qquad Q_1 = - V_o - \sum_o S_e,$$

$$[8] \qquad M_1 = + M_o - H_o y - \sum_o S_h (y - s_h).$$

2° *Intégrales entre* A *et* B. — Dans la région AB, les équations [7] et [8] se trouvent modifiées, par suite de l'action supplémentaire, en A, de la tension subie par la jambe de force *(fig. 7)*.

Pour apprécier le rôle de cette tension, considérons le moment μ_{1_B}, produit en B par M_o, V_o, H_o et les forces extérieures agissant sur la colonne oB.

Pour avoir le moment total, au sommet B, il faut ajouter à μ_{1_B} le moment, — th, produit en B par la tension t de la jambe de force (h étant la hauteur, BE *(fig. 4)*, de cette barre).

La seconde condition d'équilibre nous permet alors de poser :

$$+ \mu_{1_B} - th = 0,$$

et, par suite :

$$(a) \qquad t = + \frac{\mu_{1_B}}{h}.$$

Mais,

$$\mu_{1_B} = + M_o - H_o y_B - \sum_0^B S_h (y_B - s_h).$$

Donc :

$$(a') \qquad t = + \frac{M_o}{h} - \frac{H_o y_B}{h} - \frac{\sum_0^B S_h (y_B - s_h)}{h}.$$

Appelons maintenant γ, l'angle que fait la jambe de force avec la verticale *(fig. 4)*.

La tension t se décompose en deux forces agissant au point A de la colonne et ayant respectivement pour valeurs :

$$(b)\quad AG = -t\cos\gamma = -M_0\frac{\cos\gamma}{h} + H_0\frac{\cos\gamma y_B}{h} + \frac{\cos\gamma\sum_0^B S_h(y_B - s_h)}{h}.$$

$$(c)\quad AI = +t\sin\gamma = +M_0\frac{\sin\gamma}{h} - H_0\frac{\sin\gamma y_B}{h} - \frac{\sin\gamma\sum_0^B S_h(y_B - s_h)}{h}.$$

Nous avons alors, entre A et B :

$$Q_1 = -V_0 - \sum_0 S_v - AG,$$

$$[9]\quad Q_1 = -V_0 - \sum_0 S_v + M_0\frac{\cos\gamma}{h} - H_0\frac{\cos\gamma y_B}{h} - \frac{\cos\gamma\sum_0^B S_h(y_B - s_h)}{h};$$

$$M_1 = +M_0 - H_0 y - \sum_0 S_h(y - s_h) - AI(y - y_A),$$

$$[10]\quad M_1 = \begin{cases} +M_0\left[1 + \dfrac{\sin\gamma(y_A - y)}{h}\right] - H_0\left[y + \dfrac{\sin\gamma y_B(y_A - y)}{h}\right] \\ -\sum_0 S_h(y - s_h) - \dfrac{\sin\gamma}{h}\sum_0^B S_h(y_B - y)(y_A - y). \end{cases}$$

3° *Intégrales entre* 0 *et* B. — Dans la partie oA, employer les formules [7], [8]. Dans la région AB, se servir des équations [9], [10].

L'intégrale se divise comme suit, dans ce dernier cas :

$$\int_0^B = +\int_0^A + \int_A^B.$$

4° *Intégrales de* n *à* D. — Ces intégrales comprennent les termes Q_2, M_2, lesquels sont égaux à $-Q_1$, $-M_1$.

Nous avons donc :

$$[11]\quad Q_2 = +V_0 + \sum_0 S_v,$$

$$[12]\quad M_2 = -M_0 + 2Vl + H_0 y + \sum_0 S_v(2l - s_v) + \sum_0 S_h(y - s_h).$$

5° *Intégrales entre* D *et* C. — Dans la région DC, les choses se passent comme entre A et B, et nous avons successivement :

Tension dans la jambe de force fixée en D :

$$(d) \qquad t' = -\frac{\mu_{z_C}}{h},$$

$$\mu_{z_C} = +M_n - H_n y_C - \sum_n^C S_h(y_C - s_h),$$

$$(d') \qquad t' = -\frac{M_n}{h} + \frac{H_n y_C}{h} + \frac{\sum_n^C S_h(y_C - s_h)}{h}.$$

Forces supplémentaires agissant en D :

$$(e)\ DK = -t' \cos\gamma = +M_n \frac{\cos\gamma}{h} - H_n \frac{\cos\gamma y_C}{h} - \frac{\cos\gamma \sum_n^C S_h(y_C - s_h)}{h};$$

$$(f)\ DL = -t' \sin\gamma = +M_n \frac{\sin\gamma}{h} - H_n \frac{\sin\gamma y_C}{h} - \frac{\sin\gamma \sum_n^C S_h(y_C - y_h)}{h}.$$

Expressions de Q_2, M_2, en fonction de M_n, V_n, H_n.

$$Q_2 = -V_n - \sum_n S_v - DK,$$

$$(g) \quad Q_2 = -V_n - \sum_n S_v - M_n \frac{\cos\gamma}{h} + H_n \frac{\cos\gamma y_C}{h} + \frac{\cos\gamma \sum_n S_h(y_C - s_h)}{h};$$

$$M_2 = +M_n - H_n y - \sum_n S_h(y - s_h) - DL(y - y_D),$$

$$(h) \quad M_2 = \begin{cases} +M_n\left[1 + \dfrac{\sin\gamma(y_D - y)}{h}\right] - H_n\left[y + \dfrac{\sin\gamma y_C(y_D - y)}{h}\right] \\ -\sum_n S_h(y - s_h) - \dfrac{\sin\gamma}{h}\sum_n^C S_h\,(y_D - y)(y_C - s_h). \end{cases}$$

Ceci posé, proposons-nous maintenant de remplacer M_n, V_n, H_n par leurs valeurs, en fonction de M_o, V_o, H_o et des forces extérieures.

Nous savons d'abord que M_n est égal à moins la valeur que prend M_1 au point n.

Donc :

$$(i) \qquad M_n = -M_o + 2V_o l + \sum S_v(2l - s_v) - \sum S_h s_h.$$

Projetons les réactions et les forces sur la verticale et sur l'horizontale. La première condition d'équilibre nous fournit :

$$V_n + V_o + \sum S_v = 0,$$

$$H_n + H_o + \sum S_h = 0;$$

équations dont on tire :

$$(j) \qquad V_n = -V_o - \sum S_v,$$

$$(k) \qquad H_n = -H_o - \sum S_h.$$

Remplaçant alors M_n, V_n, H_n par ces valeurs, dans les expressions (g), (h), on obtient, après réduction :

$$[13] \quad Q_2 = \begin{cases} +V_o\left[1 - \dfrac{2l\cos\gamma}{h}\right] + M_o\dfrac{\cos\gamma}{h} - H_o\dfrac{\cos\gamma y_C}{h} \\ +\sum_0 S_v \\ -\dfrac{\cos\gamma}{h}\left[+\sum S_v(2l - s_v) + \sum_0^C S_h(y_C - s_h)\right], \end{cases}$$

$$[14] \quad M_2 = \begin{cases} -M_o\left[1 + \dfrac{\sin\gamma(y_D - y)}{h}\right] + V_o\left[1 + \dfrac{\sin\gamma(y_D - y}{h}\right]2l \\ +H_o\left[y + \dfrac{\sin\gamma y_C(y_D - y)}{h}\right] \\ +\sum_0^C S_v(2l - s_v)\left[1 + \dfrac{\sin\gamma(y_D - y)}{h}\right] \\ +\dfrac{\sin\gamma}{h}\sum_0^C S_h(y_D - y)(y_C - s_h) + \sum_0 S_h(y - s_h). \end{cases}$$

6° *Intégrales entre* n *et* C. — Dans la partie nD, employer les équations [11], [12] ; se servir de [13], [14] dans la région DC.

7° *Sommations relatives à la partie* ABFCD. — On a :

$$[15] \quad M_1 = +M_o - V_o x' - H_o y' - \sum_0 S_v(x' - s_v) - \sum_0 S_h(y' - s_h).$$

8° *Calcul de* M_o, V_o, H_o. — Dans les équations [4], [5], [6], remplacer Q_1, M_1, Q_2, M_2, par les valeurs ci-dessus, et résoudre ensuite les équations.

15. — Calcul de M_n, V_n, H_n. — Les inconnues du pied o une fois déterminées, on peut se servir des équations (i), (j), (k), que nous rappelons ci-dessous.

[16] $$M_n = -M_o + 2V_o l + \sum S_v(2l - s_v) - \sum S_h s_h,$$

[17] $$V_n = -V_o - \sum S_v,$$

[18] $$H_n = -H_o - \sum S_h.$$

16. — Simplification des formules [4], [5], [6], quand les longueurs AB, DC sont faibles, comparativement a la hauteur des colonnes.

Considérons *(fig. 9)*, la partie A'B' de la colonne oB, après sa déformation.

Joignons A'B', et menons la verticale A'a.

L'angle aA'B' représente la rotation de AB.

Mais, lorsque la longueur AB est faible, comparativement à oB, la courbure de A'B' est peu accentuée, et cette ligne se confond presque avec la tangente en A à la fibre moyenne déformée.

Dans ces conditions, l'angle aA'B' est sensiblement égal à aA'B'', et la rotation de AB peut être prise égale à aA'B'', angle dont a tourné la section A.

Il en est de même de la rotation effectuée par la partie DC.

On peut donc poser dans ce cas :

[19] $$\Delta\beta_{AB} = + \Delta\beta_A,$$

[19 *bis*] $$\Delta\beta_{CD} = + \Delta\beta_D;$$

ce qui permet de simplifier considérablement les équations [4], [5],]6].

Nous allons établir les nouvelles expressions : [20], [21], [22], auxquelles conduit cette particularité.

(a). — *Première équation.* — La formule [1] nous donne en A :

(A) $$\Delta\beta_A = -\int_0^A \frac{M_1}{EI}\,da.$$

Nous pouvons écrire ensuite, avec la formule [1'] :

$$\Delta\beta_{CD} = + \Delta\beta_{AB} - \sum_A^D \frac{M_1 a}{E\omega k^2},$$

ou, à cause de [19], [19 *bis*] :

$$\text{(B)}\quad \Delta\beta_D = +\Delta\beta_A - \sum_A^D \frac{M_1 a}{E\omega h^2} = -\int_0^A \frac{M_1}{EI} da - \sum_A^D \frac{M_1 a}{E\omega h^2}.$$

Or, si nous appliquons maintenant la formule [1] au point n, il vient :

$$0 = +\Delta\beta_D - \int_D^n \frac{M_1}{EI} da,$$

$$\text{(C)}\qquad -\Delta\beta_D = -\int_D^n \frac{M_1}{EI} da\ ;$$

et, en additionnant membre à membre les équations (B), (C) :

$$[20]\qquad 0 = -\int_0^A \frac{M_1}{EI} da - \sum_A^D \frac{M_1 a}{E\omega h^2} - \int_D^n \frac{M_1}{EI} da.$$

(*b*). — *Deuxième équation.* — La formule [2] nous fournit au point A :

$$\text{(D)}\qquad \Delta x_A = -\int_0^A \frac{M_1 (y_A - y)}{EI} da.$$

De plus, l'équation [2'] nous donne en D :

$$\Delta x_D = +\Delta x_A + \Delta\beta_{AB}(y_D - y_A) - \sum_A^D \frac{M_1 a}{E\omega h^2}(y_D - y)\ ;$$

ou, à cause de (D) :

$$\text{(E)}\qquad \Delta x_D = -\int_0^A \frac{M_1 (y_A - y)}{EI} da - \sum_A^D \frac{M_1 a}{E\omega h^2}(y_D -$$

Nous trouvons enfin, avec la formule [2] appliquée en n :

$$0 = +\Delta x_D + \Delta\beta_D (y_n' - y_D) - \int_D^n \frac{M_1 (y_n - y)}{EI} da,$$

$$-\Delta x_D = -\Delta\beta_D y_D + \int_D^n \frac{M_1 y}{EI} da\ ;$$

et, en remplaçant $-\Delta\beta_D$ par sa valeur, équation (C) :

$$-\Delta x_D = -y_D \int_D^n \frac{M_1}{EI} da + \int_D^n \frac{M_1 y}{EI} da.$$

$$\text{(F)}\qquad -\Delta x_D = -\int_D^n \frac{M_1 (y_D - y)}{EI} da.$$

Additionnant membre à membre les équations (E), (F), il vient enfin :

$$[21]\quad \left\{ \begin{array}{l} 0 = -\displaystyle\int_0^A \frac{M_1(y_A - y)}{EI}\,da - \sum_A^D \frac{M_1 a}{E\omega h^2}(y_D - y') \\ \qquad\qquad -\displaystyle\int_D^n \frac{M_1(y_D - y)}{EI}\,da. \end{array} \right.$$

(*c*). — *Troisième équation.*—Opérant de même avec les formules [3], [3'], on obtient successivement, en négligeant la compression :

(G) $$\Delta y_A = 0;$$

$$\Delta y_D = -2\Delta\beta_A l + \sum_A^D \frac{M_1 a}{E\omega h^2}(2l - x'),$$

(H) $$\Delta y_D = +2l\int_0^A \frac{M_1}{EI}\,da + \sum_A^D \frac{M_1 a}{E\omega h^2}(2l - x');$$

(I) $$0 = +\Delta y_D;$$

$$[22]\quad 0 = +2l\int_0^A \frac{M_1}{EI}\,da + \sum_A^D \frac{M_1 a}{E\omega h^2}(2l - x').$$

(*d*). — *Valeurs de* M_1, *en fonction de* M_o, V_o, H_o.

1° *Intégrales de* o *à* A :

$$[8]\quad M_1 = +M_o - H_o y - \sum_o S_h(y - s_h).$$

2° *Intégrales de* n *à* D :

$$[23]\quad M_1 = +M_o - 2V_o l - H_o y - \sum_o^C S_v(2l - s_v) - \sum_o S_h(y - s_h).$$

3° *Sommations relatives à la partie* ABFCD :

$$[15]\quad M_1 = +M_o - V_o x' - H_o y' - \sum_o S_v(x' - s_v) - \sum_o S_h(y' - s_h).$$

(*e*). — *Observation.*—On voit que cette manière de considérer la question la simplifie considérablement.

Malgré cet avantage, il ne faut avoir recours à cette méthode approximative qu'avec une grande circonspection.

Employée sans examen, elle peut conduire à des erreurs sensibles.

17. — Méthode spéciale applicable aux fermes symétriques.

Supposons que la ferme représentée figure 4 soit symétrique.

Ajoutons de nouvelles forces, symétriques des premières, et appelons M'_o, V'_o, H'_o, les inconnues nouvelles du pied o.

Remarquons en outre que, vu la symétrie de l'arc et des charges, la barre verticale du nœud F ne subit aucune rotation ; et que le nœud F reste sur la verticale passant par sa position primitive.

Nous avons d'abord :

$$[24] \qquad V_o' = -\sum S_o ;$$

$\sum S_o$ désignant la sommation des forces verticales primitives.

Nous pouvons poser, ensuite :

$$0 = + \Delta\beta_{AB} - \sum_A^F \frac{M_1 a}{E\omega h^2},$$

$$[25] \quad 0 = -\int_0^B \frac{M_1}{EI} da - \frac{1}{y_B - y_A}\int_A^B \frac{M_1(y_A - y)}{EI} da - \sum_A^F \frac{M_1 a}{E\omega h^2} ;$$

$$\Delta x_F = 0 = + \Delta x_A + \Delta\beta_{AB}(y_F - y_A) - \sum_A^F \frac{M_1 a}{E\omega h^2}(y_F - y'),$$

$$[26] \quad \left\{ \begin{array}{l} 0 = -\displaystyle\int_0^A \frac{M_1(y_A - y)}{EI} da - (y_F - y_A)\int_0^B \frac{M_1}{EI} da \\ \displaystyle - \frac{y_F - y_A}{y_B - y_A}\int_A^B \frac{M_1(y_A - y)}{EI} da - \sum_A^F \frac{M_1 a}{E\omega h^2}(y_F - y') ; \end{array} \right.$$

et, en remplaçant M_1 par les valeurs données plus haut, tirer de ces équations M'_o, H'_o.

Nous pouvons donc calculer, plus simplement que précédemment, les inconnues nouvelles M'_o, V'_o, H'_o.

Or, nous savons que :

$$[27] \qquad M'_o = + M_o - M_n,$$

$$[28] \qquad V'_o = + V_o + V_n = -\sum S_o ;$$

$$[29] \qquad H'_n = + H_o - H_n.$$

Si nous y ajoutons les expressions déjà connues :

$$[16] \qquad M_n = - M_o + 2V_o l + \sum S_o(2l - s_o) - \sum S_h s_h,$$

$$[18] \qquad H_n = - H_o - \sum S_h ;$$

nous nous trouvons en présence de cinq équations.

Pour obtenir la sixième, il faut appliquer en n la relation $\Delta x_n = 0$, ou celle $\Delta y_n = 0$; ce qui nous ramène à l'une des formules [5] ou [6].

Remarque 1. — Nous sommes obligés de revenir aux équations primitives, parce que la formule [28] est l'équivalente de [17].

Remarque 2. — Quoique constituant une simplification, la méthode actuelle ne sort pas complètement de celle générale, puisque nous sommes obligés d'avoir recours à l'une des équations [5] ou [6].

§ 7. — Charpentes à une seule travée, dans laquelle la ferme proprement dite est reliée par des consoles au sommet des colonnes *(fig. 10)*.

18. — Observation. — On ne peut pas, comme dans le cas des jambes de force, établir des formules générales pouvant servir en toutes circonstances, à cause de la variété des dispositions auxquelles conduit l'emploi des consoles,

Nous nous contenterons d'indiquer la marche à suivre dans le cas particulier représenté figure 10.

19. — Calcul de M_o, V_o, H_o. — Comme précédemment, nous allons établir trois équations de déformation, en supposant que la ferme représentée figure 10 est dissymétrique.

(*a*). — *Première équation.* — Reproduisons, figure 11, la partie supérieure de la colonne *o*B et le pied de la ferme proprement dite, le tout à une plus grande échelle que dans la figure 10.

La console doit équilibrer le moment :

$$\mu_{1B} = + M_o - H_o y_B - \sum_0^B S_h (y_B - s_h),$$

développé en B par les inconnues du pied *o* et par les forces extérieures agissant entre *o* et B.

Les rivets qui fixent la console à la colonne *o*B doivent donc fournir :

en A_1, un effort horizontal $+ t_1$,
en A_2, — $+ t_2$,
en A_3, — $+ t_3$;

et l'on doit avoir, d'après la seconde condition d'équilibre :

$$+ \mu_{1B} - (t_1 a_1 + t_2 a_2 + t_3 a_3) = 0,$$

et, par suite :

$$(m)\quad t_1a_1 + t_2a_2 + t_3a_3 = +\mu_{1_B} = +M_o - H_oy_B - \sum_0^B S_h(y_B - s_h).$$

De plus la console devant être en équilibre, les rivets qui la fixent à la barre BH doivent développer :

en A'_1, un effort normal t'_1,
en A'_2, — t'_2,
en A'_3, — t'_3;
tels que l'on ait :

$$(n)\quad \begin{cases} +t_1'a_1' + t_2'a_2' + t_3'a_3' = -(t_1a_1 + t_2a_2 + t_3a_3) = -\mu_{1_B}, \\ \qquad = -M_o + H_oy_B + \sum_0^B S_h(y_B - s_h). \end{cases}$$

Les formules (m), (n), nous permettent de déterminer les efforts t, t', en fonction des inconnues du pied o :

soit rigoureusement, en tenant compte de la déformation commune de la colonne 0B, de la barre BH et de la console;

soit approximativement, en considérant l'angle A_3BH comme de forme et de grandeur invariables.

Quand ces efforts t, t' sont ainsi exprimés, la formule [1], appliquée en B, nous donne :

$$\Delta\beta_B = -\int_0^B \frac{M_1}{EI}\,da$$

$$(A)\quad \Delta\beta_B = \begin{cases} -M_0\int_0^B \frac{da}{EI} + H_o\int_0^B \frac{y}{EI}\,da + \int_0^B \frac{S_h(y-sh)}{EI}\,da \\ +t_3\int_{A_3}^B \frac{y - y_{A_3}}{EI}\,da + t_2\int_{A_2}^B \frac{y - y_{A_2}}{EI}\,da \\ +t_1\int_{A_1}^B \frac{y - y_{A_1}}{EI}\,da. \end{cases}$$

Or, si l'on considère la section B comme l'extrémité de la barre BH, la rotation $\Delta\beta_B$ peut se décomposer en deux rotations partielles :

$\Delta\beta_{BH}$, résultant de l'oscillation de BH ;

$\Delta'\beta_B$, constituant la quantité dont a tourné l'extrémité de BH, par suite de la flexion produite en BH par les efforts t'_1, t'_2, t'_3.

Ce dernier élément est exprimable en fonction de M_o, V_o, H_o;

puisque nous connaissons t'_1, t'_2, t'_3 dans ces conditions [formules (m) et (n)].

On a alors :

(B) $$\Delta\beta_{BH} = + \Delta\beta_B - \Delta'\beta_B.$$

Dans la partie BFC, la formule [1'] nous fournit maintenant en CI :

(C) $$\Delta\beta_{CI} = + \Delta\beta_{BH} - \sum_B^C \frac{M_1 a}{E\omega h^2}.$$

Mais l'extrémité C, de la barre CI, tourne d'une quantité *(fig. 12)* :

(D) $$\Delta\beta_C = + \Delta\beta_{CI} + \Delta'\beta_C,$$

$\Delta'\beta_C$ étant une rotation, analogue à $\Delta'\beta_B$, produite en C par la flexion que communiquent à la barre CI les poussées θ'_1, θ'_2, θ'_3, provoquées par la console du sommet C.

Raisonnant comme précédemment, on peut poser :

$$+ \mu_{1C} + (\theta'_1 d'_1 + \theta'_2 d'_2 + \theta'_3 d'_3) = 0 ;$$

(n') $$+ \theta'_1 d'_1 + \theta'_2 d'_2 + \theta'_3 d'_3 = - \mu_{1C},$$

(m') $$+ \theta_1 d_1 + \theta_2 d_2 + \theta_3 d_3 = \mu_{1C} ;$$

et calculer, rigoureusement ou approximativement, les efforts θ, θ', en fonction de M_o, V_o, H_o, et des forces de gauche.

Il en résulte que l'on peut ensuite déterminer $\Delta'\beta_C$ et, conséquemment, la rotation $\Delta\beta_C$ du sommet C de la colonne nC [formule (D)].

Dans ces conditions, si nous appliquons la formule [1] au point n, il vient, en définitive :

(E) $$0 = + \Delta\beta_C - \int_C^n \frac{M_1}{EI} da ;$$

qui devient la première équation cherchée, quand on a remplacé $\Delta\beta_C$ par sa valeur en fonction de M_o, V_o, H_o.

(*b*). — *Deuxième équation.* — Les forces t, t', θ, θ' étant exprimées en fonction des inconnues du pied o, la deuxième et la troisième équation sont facilement obtenues, car nous ne nous trouvons plus en présence d'un dédoublement des variations en B et en C.

La formule [2] nous donne en B :

$$(F) \qquad \Delta x_B = -\int_0^B \frac{M_1(y_B - y)}{EI}\,da.$$

La formule [2'] nous fournit en C :

$$\Delta x_C = +\Delta x_B + \Delta\beta_{BB}(y_C - y_B) - \sum_B^C \frac{M_1 a}{E\omega h^2}(y_C - y'),$$

$$(G) \qquad \Delta x_C = -\int_0^B \frac{M_1(y_B - y)}{EI}\,da - \sum_B^C \frac{M_1 a}{E\omega h^2}(y_C - y').$$

La formule [2], appliquée en n, nous conduit enfin à l'expression :

$$0 = +\Delta x_C + \Delta\beta_C(y_n - y_C) - \int_C^n \frac{M_1(y_n - y)}{EI}\,da,$$

$$0 = +\Delta x_C - y_C\int_C^n \frac{M_1}{EI}\,da + \int_C^n \frac{M_1 y}{EI}\,da;$$

$$(H) \qquad 0 = +\Delta x_C - \int_C^n \frac{M_1(y_C - y)}{EI}\,da,$$

$$[30] \qquad 0 = -\int_0^B \frac{M_1(y_B - y)}{EI}\,da - \sum_B^C \frac{M_1 a}{E\omega h^2}(y_C - y') - \int_C^n \frac{M_1(y_C - y)}{EI}\,da.$$

(*c*). — *Troisième équation.* — Un raisonnement analogue nous conduit aux résultats suivants :

$$(I) \qquad \Delta y_B = -\int_0^B \frac{Q_1}{E\Omega}\,dy;$$

$$\Delta y_C = +\Delta y_B - \Delta\beta_{BB}(2l - 0) + \sum_B^C \frac{M_1 a}{E\omega h^2}(2l - x'),$$

$$(J) \qquad \Delta y_C = -\int_0^B \frac{Q_1}{E\Omega}\,dy - 2l\Delta\beta_{BB} + \sum_B^C \frac{M_1 a}{E\omega h^2}(2l - x');$$

$$(K) \qquad 0 = +\Delta y_C - \Delta\beta_C(0 - 0) - \int_C^n \frac{Q_1}{E\Omega}\,dy,$$

$$[31] \qquad 0 = -\int_0^B \frac{Q_1}{E\Omega}\,dy - 2l\Delta\beta_{BB} + \sum_B^C \frac{M_1 a}{E\omega h^2}(2l - x') - \int_C^n \frac{Q_1}{E\Omega}\,dy.$$

(*d*). — *Transformation de ces équations.*

1° *Intégrales de* o *à* B.

$$[7] \qquad Q_1 = -V_0 - \sum S_n,$$

[8] $$M_1 = + M_0 - H_0 y - \sum_0 S_h (y - s_h).$$

2° *Intégrales de* n *à* C.

[32] $$Q_1 = - V_0 - \sum_0 S_v.$$

[23] $$M_1 = + M_0 - 2V_0 l - H_0 y - \sum_0^C S_v (2l - s_v) - \sum_g S_h (y - s_h).$$

3° *Sommations relatives à la partie* BFC.

[15] $$M_1 = + M_0 - V_0 x' - H_0 y' - \sum_0 S_v (x' - s_v) - \sum_0 S_h (y' - s_h).$$

20. — Calcul de M_n, V_n, H_n. — Formules [16], [17], [18].

21. — Méthode spéciale applicable aux fermes symétriques. Raisonner comme au numéro 14.

§ 8. — Charpente à travées solidaires.

22. — Exposé. — Ce mode de calcul s'applique parfaitement aux charpentes à travées solidaires, dont il constitue la seule solution rigoureuse.

Mais le développement des opérations varie avec chaque disposition, ce qui vous empêche d'entrer dans le détail de la question.

Ainsi le calcul de la charpente représentée figure 13 n'est pas le même que celui de la figure 14.

§ 9. — Extension des méthodes ci-dessus aux fermes de Dion à plusieurs travées solidaires.

23. — Exposé. — En raisonnant comme nous venons de le faire, on arrive à la solution rigoureuse des fermes de Dion à colonne commune, représentée figure 16.

Si nous considérons maintenant la disposition de la figure 15, composée d'une nef centrale et de deux travées latérales, nous pouvons aussi en déterminer rigoureusement toutes les dimensions, en opérant comme nous l'avons fait précédemment.

Cela conduit à une notable économie, comparativement à ce que l'on obtient par la manière de faire habituelle, tout en augmentant la sécurité de l'ouvrage.

On le calcule généralement, en effet, en considérant la nef centrale comme formant l'arc principal, aux sablières duquel viennent simplement s'appuyer les travées latérales se constituant des portions d'arc indépendantes.

On perd ainsi le bénéfice de la continuité de l'arc et on ne se trouve pas renseigné sur les véritables efforts subis par l'ensemble.

§ 10. — RÉSUMÉ.

24. — Nous avons commencé par établir que le type de charpente n° 3 était plus économique que les autres.

Nous avons ensuite exposé des méthodes permettant de calculer rigoureusement les fermes de ce genre.

Il est donc possible de tirer parti des avantages qu'elles présentent.

25. — CHOIX JUDICIEUX DE SECTIONS A GRANDS MOMENTS D'INERTIE. — Indépendamment du bénéfice résultant de la disposition générale caractéristique, on peut en obtenir d'autres en choisissant des sections à grands moments d'inertie.

Nous allons examiner cette partie de la question en donnant quelques renseignements sur les nouveaux ateliers de la Société des générateurs Collet, dont la partie métallique a été exécutée d'après nos plans.

Nous donnerons, en même temps, quelques renseignements sur l'économie réalisée, et sur les essais auxquels a été soumise la partie métallique de la construction.

§ 11. — Charpente des nouveaux ateliers de la Société des générateurs inexplosibles, système A. Collet et Cie.

26. — DESCRIPTION DE L'INSTALLATION. — D'accord avec M. Roussi, son architecte, M. Niclausse, un de nos collègues, administrateur-directeur de la Société des générateurs Collet, nous a confié l'étude de la partie métallique de ses nouveaux ateliers.

La surface à couvrir était de 2 270 m^2.

Elle se décomposait *(fig. 47)* :

Ateliers proprement dits	3 travées A	Portée	10,000 *m*
		Longueur.	40,250
		Hauteur sous entrait.	5,000

Montage. . . .	1 travée B	Portée	12,000
		Longueur.	40,250
		Hauteur sous entrait.	7,700
Petit magasin .	1 travée C	Portée	4,120
		Longueur.	24,850
		Hauteur sous entrait.	2,900
Bureaux. . . .	1 travée D	Portée	9,620
		Longueur.	24,850
		Hauteur sous entrait.	2,900
Grand magasin	1 travée E	Portée	17,150
		Longueur.	13,740
		Hauteur sous entrait.	7,700

La figure 18 donne une coupe transversale, suivant XX′ de la figure 17.

27. — Conditions particulières de l'installation. — 1° La couverture devait être en tuiles, avec chevrons et lattis en bois.

2° Les fermes des travées A devaient être munies d'entraits pouvant résister à la flexion, de façon qu'on puisse y suspendre les poutrelles devant recevoir les transmissions intermédiaires.

Ces transmissions devaient pouvoir se placer en des points quelconques de l'entrait, suivant les besoins.

3° Les pylônes, formant colonnes intermédiaires des travées A, devaient, à leur partie supérieure, porter deux rangs de transmissions principales.

4° Le montage, B, devait être muni d'un chemin de roulement pour treuil de 3 000 *kg*.

5° Les murs latéraux devaient être armés d'une ossature métallique permettant de ne leur donner que 0,110 *m* d'épaisseur.

Le mur de façade seul (côté extérieur du montage B et du grand magasin E) devait avoir 0,220 *m* sur 2,200 *m* de hauteur.

6° Les murs latéraux devaient être munis de châssis vitrés présentant ensemble une surface de 300 m^2.

28. — Surcharges. — Nous avons supposé que la partie métallique de cette installation pouvait être appelée à résister aux surcharges suivantes :

Neige.	Hauteur au faîtage	0,500 *m*
	Hauteur dans les chéneaux.	1,000
	Hauteur moyenne.	0,750
Vent	Poussée à 18° : 110 *kg* par mètre carré.	

29. — Essais en cours de montage. — Nous avons fait subir à la charpente deux essais sous charges verticales.

Ces essais étant extrêmement significatifs, on peut en augurer que la charpente pourra résister aussi à la poussée du vent.

(a) Premier essai. — On a placé sur les lattis une certaine quantité de tuiles posées sur champ.

Cette charge, presque uniformément répartie, se décomposait comme suit pour un surface de 1 m^2.

Tuiles nécessaires à la couverture . .	45 *kg*
Poids des lattis et chevrons	10
Tuiles supplémentaires	220
Total.	275 *kg*

Avec une hauteur de neige de 0,750 *m*, bien peu probable dans nos régions, la charge et la surcharge n'atteignent que :

Couverture normale.	55 *kg*
Neige $(0{,}75 \times 1\,000 \times 0{,}11) =$	83
Total.	138 *kg*

On a donc éprouvé la charpente à une charge double de la surcharge maxima supposée, déjà pourtant fort exagérée.

On accentuera encore l'importance de l'essai en faisant remarquer que les 220 *kg* de tuiles supplémentaires représentent le poids d'une couche de neige de $\frac{200}{1\,000 \times 0{,}11} = 2$ *m* de hauteur.

Deuxième essai. — Indépendamment de la surcharge uniformément répartie dont il vient d'être question, les pannes ont subi une épreuve spéciale supplémentaire encore plus significative.

Dans la première expérience, ces pannes avaient porté 550 *kg* par mètre courant.

Dans le second essai, on les a chargées à raison de plus de 800 *kg* par mètre courant.

Comme elles ont 5 *m* de portée, elles ont donc supporté plus de 4 000 *kg*.

Étant donné le faible poids de ces organes, dont nous parlerons plus loin, ce résultat est véritablement intéressant.

30. — Dispositions des différents éléments de la charpente

1° *Pannes.* — Les pannes ne pèsent que 37,500 *kg*, soit 7,500 *kg* par mètre courant.

Leur résistance, énorme vu leur faible poids, a pour cause, à notre avis :

(a) le grand moment d'inertie de leur section transversale ;

(b) la solidité exceptionnelle de leurs assemblages avec les fermes qui les supportent ;

(c) le tirefonnage des chevrons sur leur bride supérieure ;

(a). — Les figures 19, 20, 21, 22 représentent une panne composée de deux cornières formant brides, réunies par un étrésillonnage très léger.

L'écartement des brides assure aux sections transversales un moment d'inertie considérable.

(b). — L'assemblage des pannes avec les fermes est constitué de la manière suivante :

Deux goussets *b* sont rivés à deux cornières *a*, formant montant de l'arbalétrier de la ferme.

Ces deux goussets sont reliés entre eux :

en haut, par une traverse en fer plat, *c* ;

en bas, par une cornière *d*.

La cornière inférieure des pannes vient porter sur la cornière *d* ; celle supérieure passe sous l'aile des cornières du haut de l'arbalétrier.

Les pannes sont boulonnées avec les cornières *a* et *d* et avec les goussets *b*.

De plus, un couvre-joint *e*, chevauchant sur l'arbalétrier, vient réunir les brides supérieures de deux pannes consécutives.

Dans ces conditions, les boulons d'assemblage travaillent tous au cisaillement, au lieu d'être soumis à des tractions.

Leur desserrage éventuel a donc moins d'importance que dans les assemblages ordinairement employés.

De plus, leur rôle assure la continuité d'un cours de pannes, avec modification avantageuse résultant de la résistance qu'offrent à toute rotation les sections aux appuis.

(c). — Au lieu d'être fixés aux pannes par des crochets, qui déforment souvent celles-ci dans le sens transversal, les chevrons sont fixés à leur cornière supérieure par des tire-fond *f*.

L'ensemblage du chevronnage constitue donc un véritable plancher, auquel sont fixées les brides supérieures des pannes.

Celles-ci ne courent donc plus le risque de se voiler par le fait des compressions qu'elles sont appelées à supporter sous flexion.

A ces causes d'augmentation dans la résistance des pannes, il convient d'en ajouter une autre d'ordre différent.

Le calcul des poutres en treillis à brides parallèles ne tient pas compte de la résistance des brides à l'effort tranchant. En d'autres termes, on admet que le treillis proprement dit est chargé seul de faire équilibre audit effort tranchant.

Dans les poutres de grande hauteur, il en est à peu de chose près ainsi.

Mais dans les poutres de faible hauteur, comme les pannes que nous examinons, la résistance propre des brides, surtout si celles-ci ont des parties verticales comme les cornières qui les composent, est assez sérieux pour augmenter la résistance totale prévue par les calculs.

Toutes ces considérations nous expliquent comment des pannes de 37,500 *kg*, pour 5 *m* de longueur, ont pu résister, sans déformation permanente, à une charge d'épreuve de plus de 4 000 *kg*.

2° *Fermes.* — Les fermes sont du type Polonceau rigide et de construction courante.

3° *Colonnes.* — Les colonnes sont en caisson ; formées de 4 cornières-arbalétriers, étrésillonnées sur les quatre faces.

(d). — Colonnes L. — Les colonnes L *(fig. 18)* sont disposées comme les colonnes K.

Nous représentons, figure 23, le pied des colonnes L, dont les figures 24 et 25 donnent des coupes transversales en différents points de la hauteur.

Le pied représenté figure 23 porte à l'extérieur un talon *i*, dans lequel on vient insérer le mur d'une brique formant clôture (J).

De cette façon, le poids d'une partie de ce mur vient s'opposer au renversement que tend à provoquer la poussée du vent ; et l'action de cette charge particulière diminue d'autant l'importance de l'encastrement qui doit être produit à la base de la colonne.

De là, diminution du massif et des boulons de fondation.

L'étrésillonnage des faces de la colonne est formé de cornières placées dans des plans horizontaux *(fig. 25)*, et de diagonales en fers plats *(fig. 23)*.

De distance en distance, les cornières horizontales sont réunies en leurs angles par des goussets, lesquels sont reliés par un étrésillonnage horizontal *(fig. 24)*.

Cette disposition a pour objet de permettre à la colonne de résister aux torsions possibles.

Elle a en outre l'avantage de faciliter l'assemblage des diffé-

rentes parties composant la colonne, ainsi que nous le verrons à l'article suivant.

(E). — *Colonne I.* — La colonne I ne diffère de la précédente que par la disposition de sa base *(fig. 26).*

Comme il n'existe pas de mur à l'endroit des colonnes I, on est obligé de prendre dans l'encastrement du pied la résistance nécessaire au renversement.

Aussi, les deux faces transversales sont-elles munies de goussets en forme de trapèze, garnis de cornières sur leur pourtour, de façon à élargir la base d'appui, et à écarter les boulons de fondation.

31. — Mode de construction de ce type de charpente. — Dans un ouvrage en treillis ordinaire, chaque articulation a un certain nombre de trous de rivets, et on n'a besoin, pour le montage, que d'en boulonner une partie.

Dans les différentes pièces que nous venons de décrire, presque toutes les articulations sont à un seul rivet.

Si donc on opérait pour le rivetage de ces pièces comme pour les ouvrages plus importants dont nous venons de parler, il faudrait mettre un boulon dans chaque trou de rivet.

C'est ce qu'il faut éviter, sous peine d'augmenter sensiblement le prix de revient d'une charpente de ce genre.

On arrive à ce résultat de la manière suivante :

(f). — *Pannes.* — Elles sont rivées sur un banc d'assemblage spécial, sur lequel on accroche les brides par deux des trous de boulons percés en vue de l'assemblage avec les fermes.

Les brides ainsi accrochées passent entre des montants verticaux fixés sur le banc de place en place, et réglant la hauteur des pannes.

De plus, ces montants portent des traverses sur lesquelles reposent les brides considérées.

Les choses étant ainsi, on rive sans boulonnage tous les montants verticaux et toutes les diagonales.

(g). — *Fermes proprement dites.* — Construction ordinaire.

(h). — *Colonnes.* — On commence par exécuter dans des moules :
le plateau du sommet,
les plateaux à étrésillonnage horizontal *(fig. 24)*,
une partie du pied.

Sur un banc d'assemblage, analogue au précédent, on fixe des supports spéciaux, sur lesquels on boulonne les pièces ainsi préparées.

On rive ensuite les arbalétriers aux pièces en question, et, sans boulonnage, l'étrésillonnage des quatre faces.

On déboulonne ensuite les pièces fixées aux supports du banc d'assemblage.

On fait glisser un peu la colonne, pour la dégager, et on l'enlève entièrement terminée.

Il n'a fallu comme boulons d'assemblage que ceux nécessaires à la fixation des pièces en moule avec les supports destinés à les recevoir.

Établie dans ces conditions, une charpente de ce genre ne coûte pas beaucoup plus cher, aux 0/0, qu'une charpente ordinaire, et elle devient alors extrêmement avantageuse.

Nous dirons, en terminant cet examen des moyens pratiques employés, que la charpente des nouveaux ateliers de la Société des générateurs Collet a été exécutée par M. Schmid, Ingénieur-Constructeur, membre de notre Société, dont le concours nous a été très utile.

Remarque. — Les bancs d'assemblage dont nous parlons peuvent être faits comme les colonnes, c'est-à-dire à la fois légers et résistants, de façon à les rendre mobiles et à permettre l'emploi des riveuses hydrauliques.

32. — Poids de la partie métallique. — En comprenant tous les impedimenta dont il a été question plus haut, le poids total de la partie métallique n'a atteint que 96 500 *kg*.

Cela correspond à un poids de $\frac{96\,500}{2\,270} = 42$ *kg* par mètre carré de surface couverte.

33. — Économie réalisée. — On a ainsi économisé :
en poids, plus de 40 0/0 ;
en prix, plus de 25 0/0.

§ 9. — Conclusion.

34. — Une charpente sur colonnes, avec consoles ou liens au sommet et bases encastrées, présente donc sur les types ordinaires et sur les formes de Dion de sérieux avantages :

1° L'économie que cette disposition permet de réaliser est considérable, même si l'on conserve les formes habituelles des différents éléments ;

2° Cette économie se trouve augmentée encore par le choix judicieux de formes convenables ;

3° L'encastrement des colonnes augmente la stabilité, et la triangulation de la ferme proprement dite assure à ce type une supériorité incontestable sur la ferme de Dion.

Malheureusement, le calcul rigoureux de ce genre d'ouvrage est très laborieux, sinon difficile ; mais le bénéfice que l'on peut tirer de l'emploi de fermes ainsi établies paie largement le travail d'étude qu'elles nécessitent.

NOUVELLES

FORMULES GÉNÉRALES DE DÉFORMATION

PERMETTANT DE CALCULER RIGOUREUSEMENT

LES POUTRES EN TREILLIS A BRIDES PARALLÈLES

PAR

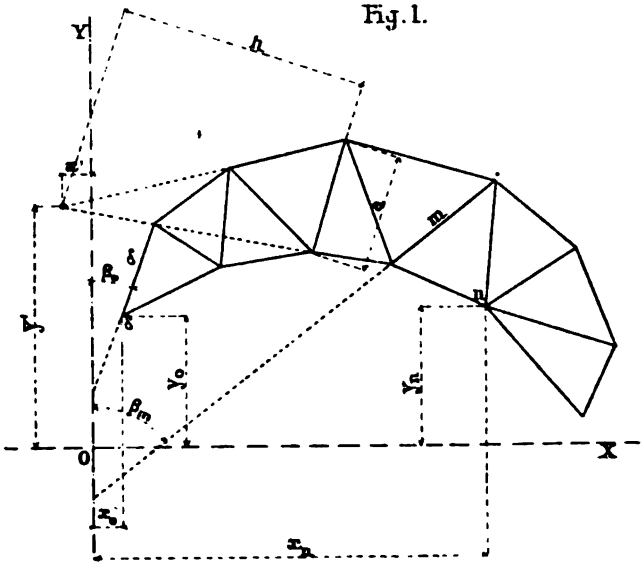
M. L. LANGLOIS

---

§ 1. — Considérations générales.

1. — *Formules générales de déformation actuellement employées.* — Soit *(fig. 1)* une poutre en treillis de forme quelconque.

Fig. 1.



Appelons :
β, l'angle que fait l'une des barres avec l'axe des y ;
x, y, les coordonnées d'un nœud ;
$\Delta\beta$, Δx, Δy, les variations de ces éléments ;
a, la barre ou le nœud d'origine;

m, une barre quelconque ;
n, un nœud quelconque ;
β, $\Delta\beta$; β_m, $\Delta\beta_m$; ... les termes ci-dessus spécifiés, appliqués aux barres o, m, et aux nœuds o, n ;
l, la longueur d'une barre ;
ω, sa section transversale ;
E, le module d'élasticité de la matière dont elle est composée ;
h, la distance du sommet de cette barre à sa direction ;
x, y, les coordonnées de ce sommet ;
τ, la différence entre les températures extrêmes ;
α, le coefficient de dilatation ;
M, le moment de flexion des forces de gauche par rapport au sommet de la barre.

Les formules actuellement employées sont les suivantes :

$$(1) \quad \Delta\beta_n = \Delta\beta_o - \sum^{n} \frac{l}{h}\left(\frac{M}{E\omega h} + \alpha\tau\right),$$

$$(2) \quad \Delta x_n = \Delta x_o + \Delta\beta_o (y_n - y_o) - \sum^{n} \frac{l}{h}\left(+\frac{M}{E\omega h} + \alpha\tau\right)(y_n - y'),$$

$$(3) \quad \Delta y_n = \Delta y_o - \Delta\beta_o (x_n - x_o) + \sum^{n} \frac{l}{h}\left(\frac{M}{E\omega h} + \alpha\tau\right)(x_n - x').$$

2 — *Poutre à barres de brides concourantes.* — Appliquées à une poutre de ce genre, les formules (1), (2), (3) permettent de tenir compte des effets produits par la déformation de toutes les barres, celles de l'étrésillonnage comprises ; car la hauteur h a toujours, dans ce cas, une valeur finie.

3 — *Poutre où les barres de brides de plusieurs panneaux sont parallèles.* — Dans ces panneaux, la hauteur h de l'étrésillonnage devient infinie, et les termes correspondants s'annulent dans les équations (1), (2), (3).

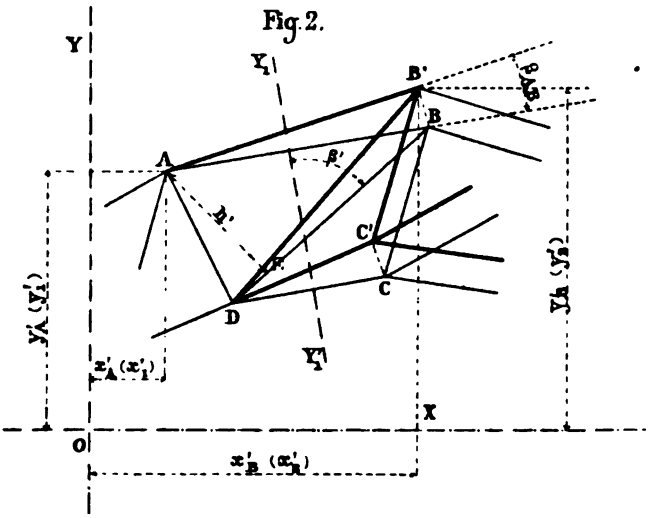
Or, la déformation de l'étrésillonnage joue un rôle qu'il est quelquefois intéressant de préciser.

C'est pour arriver à ce résultat que nous avons établi de nouvelles formules de déformation, applicables aux poutres en treillis à brides parallèles.

§ 2. — Effets produits par la déformation d'une barre d'étrésillonnage, dans un panneau à barres de brides parallèles.

4. — *Exposé.* — Considérons, *fig.* 2, une poutre en treillis dans

Fig. 2.



laquelle le panneau ABCD comprend deux barres de brides parallèles, AB, DC.

Supposons que l'étrésillonnage DB ait subi un allongement λ.

Sous l'action de cet allongement, le point B vient en B′, oscillant autour de A ; le point C arrive en C′, tournant autour de D, et la barre BC se transporte en B′C′.

Or, le mouvement étant élémentaire, B′C′ peut être considéré comme parallèle à BC. Donc, la partie droite de la poutre n'a effectué aucune rotation ; et, puisque le terme sous Σ de la formule (1) s'annule pour la barre DB, l'équation en question est toujours applicable.

Par contre, la partie droite de la poutre se transporte parallèlement à BC ; de sorte qu'il se produit au nœud n des variations : ∂x_n, ∂y_n, égales à celles du point B.

Ce sont ces variations élémentaires que nous allons déterminer

§ 3. — Variations élémentaires : δx_n, δy_n, produites au nœud n par la déformation de la barre DB.

5. — *Variation* δx_n. — Dans le triangle ABD,

le côté AD est fixe ;

le côté DB subit un allongement λ ;

enfin, le côté AB oscille autour de A.

Nous avons donc, tout d'abord :

$$(a) \qquad \delta\beta_{AB} = -\frac{\lambda}{h'};$$

$\delta\beta_{AB}$ désignant la variation élémentaire de l'angle β_{AB}, fait par AB avec OY;

h', une hauteur particulière, AE, de la barre DB, prise avec le point A comme sommet.

Appelons maintenant :

δx_B, la variation horizontale du point B;

y'_B, y'_A, les ordonnées des extrémités du côté mobile AB.

Le mouvement du point B s'effectuant autour de A, on peut poser :

$$\delta x_B = + \delta\beta_{AB}(y'_B - y'_A);$$

ou, à cause de (a) :

$$(b) \qquad \delta x_B = -\frac{\lambda}{h'}(y'_B - y'_A).$$

Mais, nous savons que :

$$(c) \qquad \delta x_n = \delta x_B.$$

Donc :

$$(D) \qquad \delta x_n = -\frac{\lambda}{h'}(y'_B - y'_A);$$

et il nous reste à apprécier λ, en fonction des forces extérieures de gauche.

Nous savons déjà que :

$$(e) \qquad \lambda = + a\left(+\frac{t}{E\omega} + \tau\chi\right);$$

t étant la tension subie par DB.

De plus :

$$(f) \qquad t = -\frac{K}{\cos\beta'};$$

K désignant l'effort tranchant des forces de gauche, dans le panneau ABCD ;

β', l'angle que fait la barre DB avec $Y_1Y'_1$, normale à AB, DC.

Avec (*f*), (*e*), devient :

$$(e') \qquad \lambda = +a\left(-\frac{K}{E\omega\cos\beta'} + \tau\chi\right);$$

et on peut poser, en définitive :

$$(D') \qquad \delta x_n = -\frac{a}{h'}\left(-\frac{K}{E\omega\cos\beta'} + \tau\chi\right)(y'_B - y'_A).$$

6. — *Variation* δy_n. — Un raisonnement analogue nous conduit à l'expression :

$$(G') \qquad \delta y_n = +\frac{a}{h'}\left(-\frac{K}{E\omega\cos\beta'} + \tau\chi\right)(x'_B - x'_A).$$

§ 4. — Modification des formules générales (2), (3).

7. — *Exposé.* — Supposons, maintenant, qu'à gauche de la barre m et du nœud n, il existe plusieurs panneaux tels que ABCD.

Appelons :

x'_2, y'_2, les coordonnées des extrémités des barres telles que AB ;

x'_1, y'_1, celles des origines de ces barres ;

$\Sigma^{\overline{\overline{9}}}$, les sommations des termes semblables au second membre des équations (D'), (G').

Les formules générales (2), (3) deviennent :

$$(2') \quad \Delta x_n = +\Delta x_0 + \Delta\beta_0(y_n - y_0) - \sum^{9}\frac{a}{h}\left(+\frac{M}{E\omega h} + \tau\chi\right)(y_n - y') - \sum^{\overline{\overline{9}}}\frac{a}{h'}\left(-\frac{K}{E\omega\cos\beta'} + \tau\chi\right)(y'_2 - y'_1).$$

$$(3') \quad \Delta y_n = +\Delta y_0 - \Delta\beta_0(x_n - x_0) + \sum^{9}\frac{a}{h}\left(+\frac{M}{E\omega h} + \tau\chi\right)(x_n - x') + \sum^{\overline{\overline{9}}}\frac{a}{h'}\left(-\frac{K}{E\omega\cos\beta'} + \tau\chi\right)(x'_2 - x'_1).$$

Remarque. — Dans ces nouvelles expressions, les termes en fonction de M se rapportent aux barres de brides et aux barres d'étrésillonnage dans les panneaux à brides concourantes ; les termes en fonction de K sont relatifs aux barres d'étrésillonnage des panneaux tels que ABCD.

§ 5. — Avantage de ces nouvelles expressions.

8. — On néglige souvent les effets produits par la déformation de l'étrésillonnage.

Quand on peut, sans erreur trop sensible, faire subir aux opérations cette simplification, les formules (1), (2), (3) répondent à toutes les exigences.

Mais enfin, il se présente bien des cas où l'erreur à laquelle conduit la simplification en question est trop considérable pour être négligée ; et, si les poutres traitées ont des panneaux tels que ABCD, les formules (1), (2), (3) sont alors insuffisantes.

Les nouvelles équations que nous présentons ont l'avantage de résoudre rigoureusement la question des poutres à brides parallèles, et de rendre facultative la suppression des effets produits par la déformation de l'étrésillonnage.

Observation. — Cette théorie est présentée, avec développement et exemples, dans la troisième partie de notre ouyrage : *Calcul des constructions métalliques. Guide théorique et pratique.* Éditeurs : E. Bernard et Cie, Paris.

CHRONIQUE

N° 157.

Sommaire. — Chemin de fer de La Guaira à Caracas. — Moteurs à gaz pour tramways. — Les chemins de fer du monde. — Appareil de MM. de la Rive et Sarasin pour démontrer les phénomènes hertziens. — Le sifflet des locomotives. — Machines fixes à quadruple expansion.

Chemin de fer de La Guaira à Caracas. — Les *Proceedings of the Institution of Civil Engineers* contiennent une note de M. E.-H.-A. Heinké sur une ligne très intéressante établie au Venezuela, note dont nous extrayons ce qui suit :

La ligne dont il s'agit relie le port de La Guaira situé sur la mer des Caraïbes à Caracas, capitale de la République du Venezuela et ville de 75 000 habitants, à l'altitude de 915 *m* au-dessus du niveau de la mer. La longueur n'est que de 36,6 *km* et, pour franchir la différence de niveau, il a fallu employer couramment des inclinaisons de 37,5 pour 1 000. Le point culminant est à l'altitude de 976 *m* avant d'arriver à Caracas qui est à 60 *m* plus bas. Le tracé se trouve caractérisé par des inclinaisons très fortes et par de nombreuses courbes et contre-courbes dont le rayon, très souvent de 76 *m*, descend dans un cas à 43 *m*.

Ce chemin de fer est un échantillon remarquable de l'art de l'ingénieur et son exploitation se fait dans des conditions particulièrement difficiles, comme on peut en juger par les indications données plus haut sur le tracé.

La ligne est à voie unique avec des voies d'évitement pour le croisement des trains. L'écartement des rails est de 0,915 *m*. Lorsque la récolte du café est mauvaise, il y a peu ou point de trafic à la descente et les trains reviennent à peu près vides à La Guaira. La voie se développe sur le flanc de la montagne avec un précipice à pic d'un côté et une haute muraille verticale de roches de l'autre. Dans des endroits elle passe dans des tranchées de 20 *m* de profondeur coupées par des tunnels, au nombre de huit, percés dans le roc dur et dont le plus long à environ 100 *m* de longueur. La succession continue de courbes en forte rampe sur le bord des précipices quelquefois de 300 à 400 *m* de profondeur ne laisse pas que d'effrayer singulièrement les voyageurs qui font le trajet pour la première fois. Ces courbes sont telles qu'on peut dire sans trop d'exagération que le conducteur dans le fourgon de queue se trouve de temps en temps assez près du mécanicien sur sa machine pour pouvoir faire la conversation à voix basse. Malgré le caractère effrayant de cette ligne, il est à remarquer qu'il n'y est jamais arrivé, depuis huit ans qu'elle est en exploitation, qu'un seul accident et cela à un train de marchandises. Ce résultat est dû à l'attention excessive des agents des trains qui savent qu'ils seraient les premières victimes et aussi à l'emploi de freins très efficaces.

Le faible rayon des courbes fait que le mécanicien ne voit souvent pas à plus de 15 *m* devant lui, aussi a-t-on des hommes appelés « vigilantes » qui parcourent la ligne pour la surveiller et qui, en cas d'éboulements ou danger quelconque, préviennent à la plus prochaine station. Toute l'exploitation se fait par le télégraphe et sauf à la gare de Caracas, il n'y a pas de signaux sur la ligne.

Les glissements de terrains sont très fréquents pendant la saison des pluies qui dure environ six mois. On en a observé jusqu'à 102 dans une seule nuit et c'est une source constante de dangers. Parfois des trains sont restés trois jours bloqués entre deux éboulements. Une fois les mouvements de terre ont été si considérables qu'il n'était pas, sur toute la longueur de la ligne, resté 300 *m* de voie libre et qu'il a fallu arrêter complètement la circulation pendant quinze jours. Une autre fois deux ponts avaient été emportés et un autre très endommagé ; il a fallu arrêter entièrement pendant une semaine. A l'origine, les tranchées avaient été faites avec des talus presque verticaux sans revêtement. Tout cela a été amélioré peu à peu par le directeur actuel, M. George Ross. Un grand progrès a été de supprimer le talus dans les tranchées à flanc de coteau du côté de la vallée. Lorsqu'il se produit des éboulements, on peut facilement dégager la voie en jetant à la pelle les terres dans le précipice au lieu d'avoir à les transporter à l'extrémité de la tranchée. En outre, on élargit ainsi la plate-forme et on la prépare pour la pose éventuelle d'une seconde voie.

On a trouvé nécessaire de donner au rail extérieur dans les courbes, une surélévation plus forte que ne l'indiquent les formules ordinaires ; cette surélévation va jusqu'à 115 *mm*. Aussi l'auteur a-t-il lu avec quelque surprise qu'une commission d'ingénieurs nommée par le ministre des Travaux publics de France pour étudier la question des courbes de petit rayon, a indiqué, entre autres conclusions, que la surélévation du rail extérieur dans les courbes était inutile, même pour marcher à grande vitesse et qu'elle était plutôt une cause d'instabilité qu'autre chose.

A l'origine, lors de la construction de la ligne par MM. Perry et C^ie^, la voie était établie en rails de 20 *kg* par mètre courant ; on remplace actuellement ces rails par des rails Vignole en acier pesant 25 *kg* le mètre. Ces rails sont fixés par des crampons sur des traverses écartées de 0,62 *m* d'axe en axe. Ces traverses ont 2,10 *m* de longueur sur 0,23 *m* de largeur et 0,115 *m* d'épaisseur ; elles sont d'un bois très dur et très durable qu'on appelle Vera et qui est une espèce de Greenhart.

La quantité de sauterelles qui infeste le pays est un obstacle sérieux pour la circulation. Même lorsqu'il n'y en a que quelques-unes écrasées sur les rails, ceux-ci deviennent gras et les roues patinent de telle sorte que les trains ne peuvent plus avancer et reculent même en descendant les pentes. On a essayé de nettoyer les rails avec un jet de vapeur et des brosses fixées au chasse-bœufs, mais à cause du faible rayon des courbes et de la présence des contre-courbes, ces moyens n'ont pas réussi. Le seul remède jusqu'à présent consiste à faire jeter du sable par un homme placé à cet effet sur l'avant de la machine ; de plus, les cantonniers en font autant dès que les sauterelles deviennent abondantes et ils les balayent des rails dans la mesure du possible.

On comprend que le tracé de la ligne doit limiter à un faible nombre de véhicules la composition des trains. Pour les marchandises, il y a trois wagons chargés nominalement de 10 *t*, mais qui reçoivent généralement plus. Le poids moyen du train ressort à 45 *t* sans la machine. Dans un cas, avec une nouvelle machine on a pu remorquer, de La Guaira à Caracas, un train de 95 *t*.

Les trains de voyageurs sont formés régulièrement de quatre voitures et d'un fourgon; mais cette composition, surtout s'il y a des sauterelles, donne lieu à des difficultés au passage des courbes; le train se trouve alors assez long pour que l'influence s'exerce d'une manière très fâcheuse sur la voie et sur le matériel roulant.

On emploie comme combustible des briquettes anglaises marque Crown, parce qu'on a trouvé que le charbon du Pays de Galles détruisait rapidement les grilles. Ces briquettes coûtent 47 *f* la tonne, rendues à La Guaira; elles ne paient pas de droits de douane. Des essais plusieurs fois renouvelés ont fait constater qu'elles donnent, sur les locomotives de la ligne, 8 *kg* de vapeur par kilogramme de combustible. La consommation peut varier, toutefois, dans d'assez larges limites, selon les circonstances et le plus ou moins d'habileté du personnel des machines; la moyenne générale peut être actuellement évaluée à 17 *kg* par kilomètre de train.

Différentes causes influent d'une manière désavantageuse sur les dépenses d'exploitation. Le sable qu'on emploie à profusion pénètre dans les mouvements et oblige à remplacer les coussinets et d'autres parties toutes les trois semaines à peu près, et les bandages tous les six mois. Les tubes des chaudières fuient d'une manière à peu près constante et causent beaucoup d'ennui.

L'auteur attribue ces fuites en partie à la pression élevée, 10 1/2 à 11 *kg*, et en partie aux chocs que les machines éprouvent en passant d'une courbe à l'autre à une vitesse qui atteint souvent 28 à 30 *km* à l'heure pour les trains de voyageurs, bien que l'horaire accorde deux heures pour le parcours de 36,6 *km*. Ces chocs ébranlent les voûtes en briques des foyers, qui durent rarement plus de quinze jours, de sorte qu'on est obligé d'avoir un grand approvisionnement de briques pour les réparations.

Il y a dix-huit locomotives, toutes du même type. Ce sont des machines-tenders très simples, à six roues couplées et un bogie à l'arrière, avec cylindres extérieurs, pesant, avec approvisionnements complets, de 34 à 35 *t*. Les caisses contiennent 2 700 *l* d'eau et les soutes 1 *t* de combustible. On met, en outre, un certain nombre de briquettes sur le parquet et sur les caisses à eau. Les cylindres ont 0,394 *m* de diamètre et 0,507 *m* de course, les roues 0,915 *m* de diamètre, ce qui donne un effort de traction de 860 *kg* par kilogramme de pression effective par centimètre carré de surface de piston.

Les machines sont munies d'un frein à vapeur et d'un frein à main. Les roues accouplées sont très rapprochées les unes des autres; celles du milieu n'ont pas de boudins; le bogie a un déplacement transversal de 0,075 *m* de chaque côté, ses roues ont 0,372 *m* de diamètre. Les sabots des freins agissent sur les six roues des essieux couplés.

Le matériel de transport se compose de vingt et une voitures de première et seconde classes, cinq fourgons avec compartiments pour la poste, les bagages et le conducteur, et cent dix wagons de quatre catégories, savoir : wagons couverts, wagons découverts, plates-formes et wagons à bois, tous avec bogies. Ce matériel est bien construit et bien entretenu. Malgré les conditions difficiles de l'exploitation, il est rare que des boites à graisse viennent à chauffer.

Les voitures de première classe ont 7,25 *m* de longueur sur 2,30 *m* de large; les secondes, qui contiennent vingt-cinq places assises, ont 6,35 *m* de longueur et la même largeur que les précédentes.

Les roues, tant des voitures que des wagons, ont 0,610 de diamètre et sont interchangeables, ce qui est très commode pour l'entretien du matériel.

Tous les véhicules sont munis du frein Heberlein, lequel ne peut être manœuvré que depuis la machine, par un agent supplémentaire placé sur celle-ci. Cet agent est employé également à jeter du sable sur les rails quand il y a des sauterelles.

Certains véhicules portent aussi des freins à main; mais on s'en sert rarement, tout le service devant se faire régulièrement avec le frein Heberlein.

Le trafic va constamment en augmentant depuis l'ouverture. A l'origine, on considérait comme une bonne journée celle où on avait remonté douze wagons chargés depuis La Guaira; actuellement, il n'est pas rare d'atteindre le chiffre de quarante-deux.

Moteurs à gaz pour tramways. — Nous avons déjà eu plusieurs fois occasion de mentionner des essais faits dans le but d'introduire les moteurs à gaz sur les tramways. Cette question semble faire des progrès. La *Schweizerische Bauzeitung* rapporte que, l'été dernier, on a essayé avec succès à Dresde, sur la Friedrichstrasse, une voiture automobile mue par un moteur à gaz. Le gaz est contenu dans des réservoirs placés sous le plancher et éprouvés à 25 *atm* pour une pression normale de 6. Ces réservoirs ont une capacité de 1 m^3 et sont au nombre de six; ils alimentent deux moteurs à gaz de 4 *chx* chacun. Cette charge suffit pour un parcours de 30 à 40 *km*; on recharge les réservoirs à l'extrémité de la ligne, opération qui se fait très rapidement. La voiture contient vingt-cinq personnes et pèse 7 *t*; la vitesse de marche est de 10 à 12 *km* à l'heure. Le gaz sert également à l'éclairage et au chauffage de la voiture.

On doit appliquer ce système à un tramway projeté entre Neuchâtel et Saint-Blaise. M. l'Ingénieur Ladame, chargé d'examiner le meilleur mode de traction à employer sur ce tramway, a conclu en faveur du gaz sous pression.

La distance entre Neuchâtel et Saint-Blaise est de 5 *km* en nombres ronds; la plus forte inclinaison serait de 45 0/00 et le rayon minimum des courbes de 30 *m*. MM. Gillieron et Amrein, de Vevey, ont proposé une voiture automobile dans le genre des voitures Mekarski des tramways de Berne, portant des réservoirs à gaz et un double moteur de 8 *chx*. Cette voiture, à deux bogies, pèserait 6 *t* et recevrait vingt per-

sonnes; elle pourrait, en outre, remorquer une autre voiture, ce qui porterait le nombre des voyageurs à quarante-huit. La vitesse serait de 9 *km* sur les rampes et de 18 *km* de niveau.

Les compresseurs seraient établis à l'usine à gaz de Neuchâtel, où se ferait le chargement. La Compagnie fournirait le gaz à raison de 0,20 *f* le mètre cube pour une consommation annuelle de 30 000 m^3. M. Ladame a calculé que le coût d'un trajet ne dépasserait pas 2,10 *f*, de sorte qu'il suffirait de sept voyageurs par trajet pour couvrir tous les frais et assurer un revenu de 4 0/0 à l'entreprise.

Les chemins de fer du monde. — D'après une note présentée à la dernière session du Congrès international des chemins de fer, au commencement de 1891, la date la plus récente à laquelle on ait pu réunir toutes les statistiques, la longueur totale des chemins de fer ou exploitation dans le monde entier s'élevait au total de 617 285 *km*.

L'Amérique est la partie du monde où les chemins de fer ont pris le plus grand développement; elle ne représente pas moins des 54 centièmes du total. Les Etats-Unis ont 268 400 *km*, le Canada 22 531 et la République Argentine 9 000. Les autres Etats ont des chiffres peu élevés relativement.

L'Europe présente 36 0/0 de la longueur des chemins de fer du globe. Sur ce continent, l'Allemagne est en tête avec 42 869 *km*; la France vient après avec 38 895, puis la Grande-Bretagne, avec 32 297; la Russie, avec 30 957 et l'Autriche-Hongrie cinquième, avec 27 113. Si on rapporte la longueur kilométrique à la population, la Suède vient en première ligne avec 16,8 *km* par 10 000 habitants, la Suisse en second, avec 10,9 *km* toujours par 10 000 habitants. La France, le Danemark, l'Allemagne, la Belgique et la Grande-Bretagne suivent de près avec les rapports de 9,6, 9,4, 8,7, 8.6 et 8,5 *km* par 10 000 habitants, tandis que la Russie ne présente que 3.2 et la Turquie 2 *km* pour la même population.

L'immense territoire de l'Asie n'a que 5 1/2 0/0 du total des chemins de fer et ce chiffre minime est concentré dans un petit nombre de pays. L'Inde anglaise a 27 000 *km*, le Japon environ 2 700, la Russie d'Asie 1 500, les colonies anglaises 1 310, la Chine 200. On trouve encore quelques lignes de faible longueur dans les colonies francaises, espagnoles et portugaises.

De même, l'Afrique a des chemins de fer répartis dans très peu de pays. L'Algérie et la Tunisie ont 3 100 *km*. La colonie du Cap 3 000, l'Egypte 1 544, Natal et le Transvaal environ 600. Le Continent Noir ne représente en tout que 1 1/2 0/0 du total.

Les chemins de fer en Océanie, à l'exception d'une courte ligne dans les iles Hawai, sont entièrement dans l'Australie et les iles voisines. Leur longueur représente 3 0/0 du total des chemins de fer du globe.

Le capital total représenté par les chemins de fer du monde est de 183 milliards de francs; c'est une moyenne de 425 000 *f* par kilomètre.

Appareil de MM. de la Rive et Sarasin pour démontrer les phénomènes hertziens. — Notre éminent collègue.

M. Raoul Pictet, a donné dans le *Journal de Genève* une description d'un des plus grands appareils de physique qui aient jamais été construits et qui a servi à des expériences formant une importante contribution à l'avancement de la science contemporaine.

On sait depuis longtemps que les phénomènes lumineux et calorifiques ne peuvent s'expliquer et se codifier d'une manière satisfaisante, si l'on n'admet pas l'existence d'une substance mystérieuse encore qu'on a appelée l'*éther*. L'éther ne se révèle à nous que par ses vibrations. On démontre aujourd'hui que les impressions rétiniennes de la lumière et les impressions de chaleur du tact sont l'effet direct d'un mouvement oscillatoire de l'éther communiquant un mouvement au système nerveux. La photographie a permis de fixer graphiquement ces mouvements de l'éther et, par une étude approfondie de l'optique, des interférences, des diffractions, etc., on est arrivé à mesurer *en fractions de millimètre* la longueur absolue de ces oscillations de l'éther correspondant aux diverses couleurs.

Jusqu'à ces derniers temps l'électricité faisait un peu bande à part; on n'avait pas su découvrir le mouvement oscillatoire de l'éther dans les courants ni dans les décharges électriques. Les théoriciens anglais et allemands avaient bien mis en avant la *possibilité* d'une telle analogie, mais aucune expérience n'avait été tentée dans ce sens comme vérification. C'est avec les mémorables travaux de Hertz que ces vues considérables pour la philosophie de la science ont fait leur véritable apparition. Le professeur H. R. Hertz, le premier, a démontré que l'électricité se propage par un mouvement oscillatoire de l'éther dont l'amplitude est de plus de dix millions de fois plus grande que l'amplitude des oscillations lumineuses. Il a reconstitué expérimentalement par les interférences, les réfractions, etc., tout le chapitre de l'optique avec les oscillations électriques.

Néanmoins les expériences hertziennes laissaient encore après elles des doutes dans l'esprit de beaucoup de savants; la difficulté de voir les étincelles jaillissant entre les pointes des résonnateurs, les variations des intensités lumineuses dues aux poussières de l'air ou à l'oxydation des surfaces, toutes les perturbations des appareils complexes mis en jeu, jetaient encore un voile sur la clarté des explications données et motivaient certaines réserves spécieuses.

C'est pour montrer avec éclat et d'une façon absolument péremptoire l'existence des oscillations électriques de l'éther que deux physiciens genevois, MM. de la Rive et Sarasin, qui avaient repris presque parallèlement les travaux du savant allemand, ont construit l'appareil qui fait le sujet de cette note.

Le local des forces motrices de la ville de Genève a servi de laboratoire, car aucune salle de l'Université ou de maison particulière n'aurait pu recevoir le grand miroir nécessaire à ces expériences.

Contre le mur ouest de la halle, du sol jusqu'à la naissance du toit, s'élève une surface métallique de zinc, ayant 16 *m* de largeur sur 8 de hauteur, parfaitement plane. Cet immense miroir est supporté par des boiseries fixées contre le mur.

Au centre de ce miroir, et perpendiculairement à son plan, les deux

physiciens ont établi le *tunnel d'observation :* c'est une galerie dont l'axe est à 4 *m* au-dessus du sol et contenant tous les instruments d'observations et de mesures. Ce tunnel est comme un long corridor dont les murs sont de carton monté sur bois. L'intérieur est tout à fait obscur, sans fenêtres. Le banc d'observations est placé dans l'axe du tunnel et permet aux différents résonnateurs électriques d'être promenés depuis le contact avec le miroir jusqu'à 10 *m* de distance. Une règle graduée facilite la lecture de toutes les positions des résonnateurs.

Voici maintenant comment on opère avec cet énorme appareil.

Au moyen d'une forte bobine de Ruhmkorff, on fait jaillir dans l'huile d'olive les décharges du primaire composé de deux grosses boules métalliques séparées par un intervalle de 0,75 *m* environ. Deux tringles font communiquer ces deux boules avec un bocal plein d'huile d'olive, placé entre elles. C'est dans ce bocal que jaillissent les étincelles de 0,010 à 0,015 *m* de longueur.

Les tringles réunissant les deux boules sont parallèles au miroir et au niveau de l'axe du tunnel d'observations, à environ 15 *m* du miroir.

En faisant jaillir les étincelles dans l'huile, MM. de la Rive et Sarrasin ont trouvé qu'ils éliminaient presque entièrement les variations d'intensité des phénomènes hertziens et en augmentaient fortement la netteté.

Ces préliminaires établis, on constate dans le tunnel d'observations, en promenant les résonnateurs le long du banc, *qu'un système d'ondes électriques stationnaires s'établit d'une façon non discutable*, ondes électriques qui ont comme longueur *quatre fois le diamètre des résonnateurs*. Les étincelles apparaissent avec éclat pour une certaine position du résonnateur ; on déplace celui-ci, l'étincelle s'éteint ; on continue le mouvement, l'étincelle reparaît pour s'éteindre encore ; en somme, entre les ondes électriques qui partent du primaire, vont sur le miroir, puis reviennent en arrière, réfléchies par cette immense surface, il s'établit un régime de vagues permanent ; chaque crête de vague correspond à une étincelle dans le résonnateur.

Les ondes électriques qui jaillissent du primaire ont jusqu'à 10 *m* et 12 *m* de longueur, même davantage. Cet immense miroir ne peut donc réfléchir, malgré sa superficie, qu'une onde et demie.

Voilà pourquoi cet appareil, quelque grand qu'il soit, est encore relativement petit pour ce genre de recherches. Cependant, comme il dépasse en proportions tout ce qu'on a fait jusqu'à ce jour, il donne des résultats très concluants, indiscutables, tellement ils sont nets et précis.

Il serait trop long d'examiner toutes les expériences des plus variées que MM. de la Rive et Sarasin ont faites avec cet engin remarquable : elles ont, d'une façon générale, précisé et étendu tout ce qui est contenu dans les mémoires cités. En terminant cet exposé des travaux de Hertz, complétés par les deux physiciens genevois, M. Raoul Pictet en dégage comme suit les conséquences générales telles qu'elles découlent logiquement de cet ordre de faits.

L'éther est susceptible, comme l'air atmosphérique, de propager les vibrations oscillatoires de diverses longueurs et de les transmettre au loin avec une grande rapidité. De même que les sons bas marchent avec la

même vitesse dans l'air que les sons aigus, les vibrations courtes de l'éther cheminent parallèlement avec les vibrations longues.

La différence de vitesse entre les ondes sonores et les ondes de l'éther, ainsi que leurs formes respectives, proviennent de la différence de densité et de constitution du milieu où elles se propagent. Les ondulations longues de l'éther constituent tous les phénomènes électriques connus à ce jour.

Toute décharge électrique envoie un pinceau d'ondes électriques dans l'espace environnant, comme un point lumineux, une étoile, envoie des rayons lumineux blancs, mélange de diverses couleurs. Pour bien faire comprendre les analogies rigoureuses qui réunissent, grâce à ces mémorables expériences, l'électricité, la chaleur et la lumière, M. Pictet emploie une comparaison développée par M. Ed. Sarasin dans une de ses conférences, et qui est frappante.

Imaginons un observateur muni des appareils hertziens décrits plus haut ; il produit toute la série des phénomènes électriques sans exception ; admettons que l'observateur et ses appareils diminuent progressivement en dimensions absolues pour devenir des lilliputiens, les phénomènes ondulatoires de l'éther passeront progressivement de la forme électrique à la forme du mouvement calorifique. A la limite, lorsque les appareils seront dix millions de fois plus petits, l'observateur enregistrera des vibrations de l'éther qui influenceront la rétine et deviendront de la lumière. Enfin, remplaçons dans ce dernier cas le tunnel d'observation, long de 10 *m* à l'origine, par l'épaisseur d'une plaque photographique posée sur ce miroir poli et l'on obtient *la photographie colorée des couleurs*, découverte superbe de M. Lippmann, membre de l'Institut. Ce savant n'a fait qu'appliquer directement ces déductions logiques, car les bandes impressionnées dans la plaque étant équidistantes aux longueurs d'ondes qui les provoquent, émettent forcément par réflexion les mêmes couleurs.

Nous pouvons donc affirmer que la démonstration des théories hertziennes, considérablement modifiées et précisées par les deux savants genevois, est un fait des plus importants dans la science moderne. Ces expériences jettent un pont entre des sciences jusqu'ici séparées ; elles apportent une pierre angulaire à l'édifice de la synthèse mécanique de l'univers et contribuent à la grande esthétique intellectuelle que tous les amis de la nature entendent avec recueillement et avec une joie profonde comme l'écho des voix extérieures se matérialisant au dehors.

Le sifflet des locomotives. — Une lettre adressée par M. Clément E. Stretton au journal *English Mechanic* et reproduite par le *Railroad and Engineering Journal* où nous la trouvons, donne d'intéressants détails sur l'origine d'un organe essentiel de la locomotive, le sifflet, d'un usage universel.

Dans le commencement de l'année 1833, la machine *Samson* du chemin de fer de Leicester à Swannington, rencontra une charrette attelée d'un cheval au passage à niveau de Thornton ; cette charrette était chargée de beurre et d'œufs pour le marché de Leicester.

Le machiniste ne disposait comme signal d'avertissement que de la

corne à main en usage à l'époque (1) et un accident ne put être évité. M. Ashlen Bagster, directeur du chemin, alla le même jour à Alton Grange où résidait George Stephenson, qui était à la fois un des administrateurs et le plus fort actionnaire de la ligne, et lui parla de l'affaire. Après qu'on eut échangé plusieurs idées, M. Bagster demanda si on ne pourrait pas mettre sur la machine un sifflet dans lequel la vapeur remplacerait le souffle de l'homme. C'est une très bonne idée, lui répondit George Stephenson, faites un essai de suite. L'appareil fut établi par un fabricant d'instruments de musique du pays ; on l'installa sur une locomotive et on en fit l'essai en présence du conseil d'administration qui félicita Bagster et Stephenson et décida qu'on ferait mettre des sifflets du même genre sur toutes les machines de la Compagnie.

Celle-ci eut d'abord à payer le cheval, la voiture, 60 livres de beurre et 80 douzaines d'œufs, ce qui contribua à lui faire émettre un règlement interdisant sévèrement de faire circuler sur ses lignes aucune locomotive non munie de la trompette à vapeur.

Le dessin annexé à l'article est reproduit d'après le dessin officiel signé H. Cabry, chef des machines, et daté de mai 1833 ; il représente une sorte de trompette conique verticale avec un robinet mû par une longue tige.

Nous pouvons ajouter ce qui suit aux renseignements donnés par le journal anglais. Cette forme de sifflet en trompette ne paraît pas avoir été beaucoup en usage sur les locomotives, car on ne la rencontre sur aucun ancien dessin de ces machines ; sur ces dessins, ou bien il n'y a pas de sifflet ou bien il y en a de la forme actuelle à timbre. Ces dessins permettent de fixer d'une manière assez précise la date d'introduction de cet instrument, date qui coïncide d'ailleurs à peu près avec celle qui a été indiquée plus haut.

Ainsi l'ouvrage sur les chemins de fer de Nich. Wood, Londres 1832, ne fait aucune mention du sifflet ; Pambour, dans son ouvrage sur les locomotives, Paris 1835, décrit en détail les machines sur lesquelles il a fait ses mémorables expériences dans l'été de 1834 et ne parle pas de sifflets. Mais la description de la locomotive de Stephenson par F.-M. Mellet, Paris 1839, dans laquelle il s'agit d'une machine construite en 1836 pour MM. Cubitt et C^ie^, entrepreneurs du chemin de fer de Londres à Birmingham, montre sur la machine un sifflet de la forme actuelle. L'industrie des chemins de fer, par Armengaud frères, Paris 1839, dit que les sifflets ont été introduits en France sur les machines importées d'Angleterre en 1837 pour le chemin de fer de Saint-Germain.

Il est possible d'ailleurs que la forme actuelle du sifflet ait été empruntée par les locomotives aux chaudières des machines fixes, comme le régulateur à force centrifuge a été emprunté par les machines à vapeur aux moulins à farine. C'est ce qui semble ressortir de renseignements curieux donnés sur cette question par Zerah Colburn dans son ouvrage, *Locomotive Engineering*, Glascow 1864.

(1) Deux ou trois des figures de l'ouvrage de West « Histoire de la locomotive en Angleterre » représentent un homme armé d'une trompette placé sur l'avant de la machine ou sur le tender, entre autres sur la *Rocket*, la locomotive de Stephenson qui remporta le prix au concours de Rainhill en 1829.

Colburn dit qu'on ne sait au juste à qui est due l'invention du sifflet, mais que cet instrument a été introduit sur les locomotives (sous sa forme actuelle) par W. Fyfe, chef du service des machines au chemin de fer de Liverpool à Manchester et cela en 1835 et dans les conditions suivantes :

Un ouvrier de la maison Sharp Roberts, de Manchester, nommé Thomas Turner, ayant été faire un montage aux forges de Dowlais, dans le pays de Galles, y remarqua un sifflet actionné par le flotteur d'une chaudière à vapeur. Il en fit un dessin qu'il rapporta et d'après lequel W. Fyfe fit faire des sifflets qu'il appliqua aux locomotives. C'était un appareil avec un timbre de forme cylindrique très haute et à fond plat analogue aux sirènes à ton grave des bateaux à vapeur. Le dessin de l'ouvrage de Colburn est la reproduction de celui de Turner, lequel est en la possession de M. Beyer, ancien ingénieur de la maison Sharp Roberts, et depuis chef de la maison bien connue Beyer et Peacock, de Manchester. Les dessins de locomotives européennes montrent rarement cette forme de sifflet à timbre cylindrique qui a dû être rapidement remplacée par le timbre plus ou moins hémisphérique et à ton plus aigu actuel, mais on la voit plus fréquemment sur les dessins de locomotives américaines.

Machines fixes à quadruple expansion. — On commence en Angleterre à construire des machines fixes à quadruple expansion. Ces machines se font toutes avec deux manivelles ou coudes à angle droit sur chacun desquels agit une paire de cylindres placés d'abord l'un au-dessus de l'autre; c'était la disposition employée primitivement par MM. John Musgrave de Bolton, qui en ont établi plusieurs dans des filatures.

Ces constructeurs emploient depuis une disposition différente qui est assez originale. L'arbre moteur porte au milieu une poulie de transmission formant volant et à chaque extrémité une manivelle ; ces deux manivelles sont calées à 180° l'une de l'autre. Il y a en correspondance avec chaque manivelle une paire de cylindres, mais ces cylindres ne sont pas superposés, ils sont placés l'un à côté de l'autre. Une paire comprend le premier et le second cylindre, l'autre le troisième et le quatrième.

Cette disposition est naturellement indiquée pour réduire au minimum la longueur des tuyaux de communication entre ces cylindres.

La transmission du mouvement se fait par un dispositif proposé assez récemment par MM. Fleming et Ferguson, mais dont l'origine est plus ancienne (on trouve dans le traité de John Bourne, publié en 1846, un projet de machine de bateau à hélice de J. P. Smith, présentant une disposition de ce genre attribuée à Galloway ; disons en passant que ce projet renferme une multiplication de vitesse sans engrenages très curieuse qui a été reproduite dernièrement, avec quelques perfectionnements, par MM. Faesch et Piccard, constructeurs à Genève). La bielle est formée d'un triangle aux deux sommets supérieurs duquel s'attachent les tiges de pistons (par une très courte bielle de liaison pour racheter les obliquités), tandis que le sommet inférieur s'attache au bouton de

manivelle. Le milieu du côté supérieur du triangle est guidé en ligne droite ou plutôt suivant un arc de cercle de grand rayon par un balancier oscillant autour d'un point fixe et dont le bras opposé actionne la pompe à air.

Il résulte de cette disposition que, si les deux cylindres de chaque paire sont à la fois à fin de course, il n'y a pas néanmoins de point mort, parce que, dans cette position, un des pistons exerce par la bielle triangulaire une action tangente au cercle décrit par le bouton de manivelle.

La distribution s'opère sur tous les cylindres par des organes Corliss. L'admission est réglée par le régulateur dans les deux premiers cylindres et à la main dans les deux derniers.

Les bâtis très forts se composent d'une plaque de fondation portant au milieu le palier de l'arbre et de chaque côté un montant vertical ; ces montants supportent une traverse horizontale sur laquelle sont boulonnés les cylindres. Il y a une disposition de ce genre pour chaque paire de cylindres.

MM. Musgrave construisent dans ce système des machines de très grande puissance. L'*Engineering* a donné récemment le dessin de l'une d'elles dont les cylindres ont respectivement 0,457 *m*, 0,660 *m*, 0,904 *m* et 1,372 *m*. Les rapports de volume sont donc de 1 à 2,09 — 4,23 et 9. La course est pour tous les pistons de 1,372 *m*.

La machine fait 80 tours par minute en marche normale, ce qui correspond à une vitesse de piston de 3,66 *m* par seconde. La pression aux chaudières est de 14 *kg*.

Il y a deux pompes à air de 0,66 *m* de diamètre et 0,381 *m* de course. L'arbre a 0,420 *m* de diamètre au corps, ses portées ont 0,382 *m* de diamètre et 0,765 *m* de longueur. Les boutons de manivelle ont 0,230 *m* de diamètre et 0,267 *m* de longueur.

La poulie volant a 6,32 *m* de diamètre et son pourtour porte 36 gorges pour recevoir des cordes de 0,042 *m* dont la vitesse à 80 tours est de 1 588 *m*, soit presque 1 mille anglais par minute, ce qui fait 26,46 *m* par seconde.

Avec de la vapeur à 14 *kg* à la chaudière, cette machine peut développer 1 600 *chx*. Elle actionne 104 000 broches dans une filature à Bury.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Novembre 1892.

Rapport de M. Sauvage sur la **communication de M. Dulac relative aux soupapes de sûreté.** — On sait que les soupapes de sûreté ordinaires ne préviennent pas l'élévation de la pression pendant l'écoulement de la vapeur. M. Walkenaer, Ingénieur des mines, en a indiqué les causes dans un mémoire inséré aux *Annales des Mines* en 1889.

On a proposé diverses dispositions pour remédier à ce grand inconvénient. Dans un certain nombre, la vapeur qui s'échappe agit sur des appendices du clapet et du siège. La soupape imaginée par M. Dulac rentre dans cette catégorie. Elle agit graduellement et peut s'ouvrir plus ou moins, suivant la quantité de vapeur à laisser échapper, tandis que la plupart des autres agissent par intermittences.

La soupape dont il s'agit porte un tronc de cône sur lequel agit la nappe de vapeur, guidée par un prolongement du siège qui s'approche de ce tronc de cône. Un appareil de ce genre, monté dans une sucrerie de Belgique, avec un diamètre de 200 *mm*, débite 30 000 *kg* de vapeur à l'heure.

En somme, la soupape Dulac est simple, bien étudiée et répond au but proposé, c'est-à-dire limiter effectivement la pression d'une chaudière sans avoir besoin d'être soulevée ou déchargée.

Les moteurs à pétrole depuis 1889, par M. G. Richard (Annexes).

Ces annexes comprennent divers tableaux relatifs aux propriétés des pétroles et aux caractéristiques de diverses huiles minérales, chaleurs de combustion, etc., la description de plusieurs brevets de moteurs à pétrole, des essais faits sur un moteur Priestmann, une note sur les régénérateurs, organes qui constituent, à l'avis de l'auteur, le seul moyen, peut-être pratique un jour, d'augmenter notablement le rendement des moteurs à gaz.

Théorie du puddlage, par Th. Turner (traduit de l'*Iron*).

Cet article étudie plus particulièrement le mode d'élimination du silicium pendant le puddlage, combat l'explication donnée par M. Snelus de cette opération et en donne une autre par laquelle l'oxygène de l'air ne joue qu'un rôle secondaire, la partie active du bain étant la scorie fluide formée essentiellement d'oxyde magnétique de fer dissous dans le silicate ferreux.

Alliages de coussinets, par M. C.-B. Dudley (traduit du *Journal of the Franklin Institute).* M. Dudley, le chimiste bien connu du Pensylvania Railroad, donne ici la composition d'un très grand nombre d'alliages de coussinets et les résultats obtenus avec quelques-uns. Il donne quelques conclusions intéressantes relatives au choix à faire d'un alliage destiné à cet emploi, en se basant sur ce principe résultant de l'expérience que l'alliage de coussinets qui résiste le mieux à l'usure est celui qui, essayé à la torsion, est susceptible de présenter, avant de se rompre, l'allongement le plus considérable.

Les essais faits dans cet ordre d'idées ont conduit à l'adoption d'un alliage dont la composition est 77 de cuivre, 8 d'étain et 15 de plomb.

Expériences de filtration des eaux d'égout, faites par le Conseil de santé de l'État de Massachusetts (traduit du *Journal of the Franklin Institute).*

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Novembre 1892.

La formule d'exploitation de M. Considère. — Quelques réflexions, à ce sujet, sur l'utilité des chemins de fer secondaires et sur les tarifs, par M. Colson, Ingénieur des ponts et chaussées, maître des requêtes au Conseil d'État.

Cette note a déjà paru dans les *Annales des Mines,* livraison de 1892, et nous en avons rendu compte dans le *Bulletin* de novembre 1892, p. 1027.

Note sur l'**atelier des essais des métaux** de la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée, par M. Lebasteur, ancien Ingénieur de la marine, Ingénieur aux chemins de fer P.-L.-M.

Cet atelier, qui est un des premiers qui aient été installés en France, a été établi, en 1877, pour contrôler les constructions et réparations du matériel effectuées dans les ateliers de la Compagnie et dans les ateliers étrangers. La note passe successivement en revue les diverses machines et appareils qui composent l'outillage de cet atelier et fait l'historique de leur établissement.

Nous voyons d'abord l'essai des chaines de grues dont la Compagnie possède assez pour que leurs chaines, ajoutées bout à bout, fassent une longueur de 46 *km* comprenant plus d'un million de maillons. Cet essai, qui doit être fait à des efforts de 50 *t* qu'on a cru devoir porter à 100 *t* pour se réserver la possibilité d'essayer d'autres chaines, se fait au moyen d'une presse hydraulique dans laquelle la pression par centimètre carré atteint 120 *kg.* La mesure des efforts s'opère par un poids constant agissant sur des bras de levier variables au moyen d'une vis

actionnée par un dispositif spécial. Cet appareil est complété par un cathetomètre qui permet de mesurer les allongements sur 70 *mm* de longueur à 2 ou 3 centièmes de millimètre près.

Vient ensuite une machine à essayer à la traction à presse hydraulique comme la précédente, mais disposée verticalement pour réduire la place occupée sur le sol. Cet appareil est également complété par un cathetomètre. C'est sur cette machine que MM. Neël et Clermont ont étudié l'appareil fort intéressant qu'ils ont substitué au cathetomètre dans la mesure des limites d'élasticité (Voir comptes rendus d'octobre 1892, page 829).

L'atelier possède encore une machine à essayer par flexion et compression dont l'effort peut aller jusqu'à 200 *t* ; elle sert pour l'essai des essieux, bandages, etc., et a pour base une presse hydraulique actionnée par un compresseur sterhydraulique ; puis une machine à essayer les métaux au choc dans laquelle un poids de 10 *kg* tombe de hauteurs variables jusqu'à 1,11 *m*, et un mouton pour l'essai des fontes.

Citons encore des machines à essayer les cordages et les objets en caoutchouc. Dans cette dernière, le principe de l'essai consiste à : 1° soumettre les objets à des allongements initiaux déterminés ; 2° leur imprimer, par suite de la rotation d'un plateau auquel ils sont fixés, des allongements supplémentaires aussi déterminés. Il y a enfin une machine à essayer les courroies dans laquelle l'épreuve consiste à transmettre le mouvement d'un arbre moteur à une poulie dont l'axe coulisse dans une glissière verticale et à examiner la manière dont la courroie se comporte sous des tensions déterminées par des poids dont on charge cet axe.

Le personnel de l'atelier se compose d'un chef d'atelier, d'un chef d'équipe et de trois manœuvres.

Note sur les ponts suspendus avec poutres raidissantes articulées en leurs milieux, par M. L. de Boulongne, Ingénieur des ponts et chaussées.

On a cherché depuis longtemps à rendre rigides les tabliers des ponts suspendus. Les différents procédés employés et qui remplissent plus ou moins complètement le but consistent :

A rendre rigides les câbles de suspension en leur donnant la disposition de poutres armées courbes ;

A rendre fixes, au moyen de câbles rectilignes auxiliaires, différents points du tablier ;

A rendre le tablier rigide au moyen de garde-corps de hauteur et de dimensions suffisantes.

C'est ce dernier procédé, combiné souvent avec le précédent, qui est le plus généralement employé, soit en Amérique, soit plus récemment en France. Il consiste à remplacer les garde-corps ordinaires qui, dans les anciens ponts suspendus, servaient uniquement à assurer la sécurité de la circulation, par de véritables poutres armées occupant toute la longueur de chaque travée et donnant une certaine rigidité aux tabliers.

Avec cette solution, il devient très difficile de calculer les efforts supportés par les différentes parties du pont. L'auteur a trouvé un artifice

de construction qui change peu le mode d'action des poutres raidissantes, mais qui permet de faire les calculs avec la plus grande facilité. Cet artifice consiste à couper chaque poutre raidissante en son milieu en réunissant les deux moitiés par une articulation ou plus généralement une liaison empêchant tout déplacement relatif des deux moitiés dans le sens vertical et à fixer en même temps les extrémités des poutres sur les piles de façon à empêcher tout déplacement vertical de ces extrémités.

La note, très étendue, est consacrée au calcul des efforts supportés par les différentes parties d'un pont établi dans ces conditions, avec application numérique à une travée de 75 *m* de portée.

Note sur le **raccordement parabolique entre deux arcs de cercle** contigus de même sens, par M. Bernis, Ingénieur des ponts et chaussées.

Il s'agit d'une extension du procédé indiqué en 1867, par M. de Nordling, pour le raccordement par une parabole du 3e degré d'un alignement droit et d'une courbe circulaire de chemin de fer et d'une simplification de la solution donnée par le même Ingénieur du problème du raccordement parabolique doublement osculateur de deux courbes circulaires de même sens.

ANNALES DES MINES

11e livraison de 1892.

Note sur les **principaux gisements minéraux de la région du Caucase**, par M. Leproux, Ingénieur des mines.

Cette note débute par quelques considérations sur la constitution géologique de la région du Caucase et étudie ensuite d'une manière détaillée les gites minéraux qu'on y rencontre, fer, manganèse, cobalt, antimoine, plomb et argent, zinc, cuivre, mercure et or. Elle finit par l'examen des combustibles minéraux, naphte et houille, dont l'importance est considérable au moins pour le premier. Au contraire, pour la houille, s'il en existe au Caucase de très nombreuses couches, l'industrie en est peu étendue et peu prospère. Cela tient principalement à ce que cette matière est trop impure et s'agglomère trop mal pour les usages métallurgiques, ce qui lui rend la lutte à peu près impossible contre les résidus de naphte dont les applications vont toujours en s'étendant.

Étude sur les **pertes de charge de l'air comprimé et de la vapeur** dans les tuyaux de conduite, par M. Ledoux, Ingénieur en chef des mines.

On admet que la perte de charge dans un tuyau de conduite rectiligne et horizontal est proportionnelle à la longueur de la conduite, au carré de la vitesse, à la densité du gaz et en raison inverse du diamètre, ce qui est exprimé par la formule

$$Z = k\delta \frac{Lu^2}{D}. \qquad (1)$$

k est une constante pour laquelle Navier et d'Aubuisson ont trouvé des valeurs très peu différentes de 0,0011.

D'après les expériences faites par lui au Gothard, M. E. Stockalper a indiqué pour l'air la valeur

$$k = 0{,}001014 + \frac{0{,}00002388}{D}.$$

Plus récemment, à la suite d'expériences faites à Paris sur le réseau à air comprimé de la Compagnie Popp, le professeur Riedler a admis la constance du coefficient k et lui a attribué la valeur 0,000533, soit la moitié environ du chiffre donné par Navier et d'Aubuisson.

En présence de ces valeurs contradictoires, l'auteur a fait exécuter à Anzin une série d'expériences tant sur l'air comprimé que sur la vapeur d'eau pour vérifier la valeur de k.

Ces expériences, faites par M. Barry, Ingénieur des mines d'Anzin, ont eu lieu au moyen de trois conduites en fer étiré neuves, ayant respectivement 0,100, 0,071 et 0,047 *m* de diamètre sur 294,20 *m*, 296,70 et 295,20. On fournissait l'air par un compresseur Sommelier remplissant des réservoirs d'air.

De nombreuses expériences ont donné en moyenne : pour la conduite de 100 *mm*, K = 0,00087; pour celle de 71 *mm*, K = 0,00094 et pour celle de 47 *mm*, K = 0,00092. La moyenne des trois valeurs est de 0,00091, chiffre qui se rapproche très sensiblement de celui de M. Stockalper, dont la moyenne, pour les diamètres expérimentés, serait de 0,00087.

L'auteur, pour faciliter les calculs à exécuter sur l'écoulement de l'air par longues conduites, a construit deux abaques qui permettent d'obtenir rapidement, avec une approximation très suffisante dans la pratique, l'un quelconque des éléments de la formule fondamentale (1) quand on connait les autres.

La perte de charge de la vapeur est beaucoup plus difficile à déterminer que celle de l'air, à cause de la condensation produite par le refroidissement extérieur.

La perte d'énergie provient donc de deux causes bien distinctes et concomitantes : 1° la perte de volume par la condensation, et 2° la perte de charge résultant du frottement du fluide contre les parois.

Des expériences faites par M. Chrétien donnent des indications utiles sur l'importance de la condensation qui, d'après cet Ingénieur, dépend de la température de la vapeur, de la température ambiante, du métal des tuyaux, de la nature des milieux dans lesquels ils sont placés, et

aussi de l'efficacité calorifuge de l'enveloppe et de la manière dont les tuyaux sont installés. On peut conclure des chiffres donnés par M. Chrétien que la condensation par heure et par mètre carré de surface intérieure dans des tuyaux bien enveloppés est assez bien représentée par la formule $\gamma = 0{,}375\sqrt[3]{p}$, où p est exprimé en atmosphères.

La condensation augmente donc avec la pression, mais comme le diamètre du tuyau diminue quand la pression augmente, il y a, en somme, avantage à employer les hautes pressions quand on a le choix.

M. Gutermuth a fait également sur ce sujet des expériences publiées dans le *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure* en août 1887. Les chiffres obtenus par lui sont à peu près doubles de ceux que donne M. Chrétien. La différence provient de la manière dont les enveloppes étaient établies et des conditions de l'emplacement des conduites expérimentées (puits de mine).

On a fait à Anzin des expériences avec les mêmes conduites que pour l'air comprimé; on a trouvé des chiffres intermédiaires entre ceux de M. Chrétien et ceux de M. Gutermuth. Dans ces expériences, on appréciait le poids de vapeur produit au moyen du tube de niveau d'eau de la chaudière; l'eau entraînée était retenue par des séparateurs installés aux deux extrémités de la conduite.

Avec 3 *kg* de pression, on a eu en moyenne 0,80 *kg* de condensation par mètre carré et par heure, chiffre qui semble pouvoir être accepté avec confiance. Quant à la perte de charge, on a trouvé le chiffre $K = 00107$ comme moyenne générale, de sorte qu'il n'y a pas d'erreur sensible à adopter le nombre plus rond de 0,0011, qui est, comme on le voit, un peu plus élevé que la valeur de K trouvée pour l'air.

La note se termine par quelques observations sur la manière de résoudre la plupart des problèmes que présente le transport de la force à distance, au moyen de la vapeur ou de l'air comprimé, dans des conduites rectilignes et par l'indication des diverses formules que l'on peut employer couramment dans la pratique pour traiter ces questions.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Réunion de Saint-Étienne

Séance du 3 *décembre* 1893.

Communication de M. Rateau **sur quelques inventions de M. Marcel Deprez.**

Il s'agit d'un indicateur à mouvement différentiel hélicoïdal, d'un appareil permettant d'engendrer mécaniquement la fonction logarithmique, d'un servo-moteur cinématique, dont l'objet est de résoudre, par des procédés purement cinématiques, le problème résolu par M. Farcot,

en employant la vapeur ou un fluide quelconque comprimé, et qui permet de faire suivre à un point soumis à des résistances passives, qui peuvent être considérables, le mouvement d'un autre point sollicité par des forces très faibles.

L'auteur décrit encore un amortisseur cinématique qui complète l'appareil précédent, un indicateur dynamométrique optique imaginé par M. M. Desprez en 1877 et reproduit, il y a deux ans, en Angleterre; enfin, la découverte des champs magnétiques tournants qui jouent un si grand rôle dans les distributions actuelles à courants polyphasés et qui pourrait être revendiquée par M. Desprez.

Étude sur **les presses à forger**, par M. Dufour.

Les presses à forger se divisent en deux catégories : les presses à course continue et les presses à course partielle.

La première comprend les presses à accumulateur à poids (Tannett Walker), les presses à accumulateur à air comprimé (Bochum) et les presses du système Davey, dans lesquelles il n'y a pas d'accumulateur et où les pompes refoulent directement l'eau à la presse.

Dans la seconde classe figurent la presse à course partielle invariable de système Allen et la presse à course invariable (à compresseur) Brener Schumacher.

D'après l'auteur, la presse possède un certain nombre d'avantages appréciables sur le pilon, lesquels se traduisent par un abaissement du prix de revient du forgeage. En chiffres ronds, la dépense de vapeur serait diminuée de moitié, ainsi que le nombre de chaudes, et la durée du travail serait réduite dans le rapport de deux à cinq. On peut, par contre, relever contre les presses la complication de certains types qui entraine des frais d'entretien correspondants.

Sur la possibilité de localiser les explosions de grisou, par M. Raveaud.

Si on étudie la théorie et le mécanisme des explosions de grisou dans les mines, on est conduit à admettre que la masse des gaz produits par l'explosion forme, à un moment donné, une masse sans pression, lancée à grande vitesse dans les galeries de la mine, capable par conséquent de produire les effets mécaniques les plus violents, mais n'avançant plus qu'en vertu de la vitesse acquise et en obéissant aux lois de l'inertie. Ces gaz peuvent donc, parcourant une galerie, passer sans y pénetrer devant une autre galerie placée en dérivation sur la première.

Il y a donc deux zones, l'une où les gaz provenant de l'explosion sont encore en pression, et l'autre où ils ne sont plus en pression.

En se basant sur ces principes on peut chercher à réaliser des dispositions de galeries permettant la localisation des explosions en évacuant les gaz à l'extérieur par le chemin le plus direct, sans qu'ils puissent envahir le reste des travaux et causer par leur toxicité des accidents souvent plus meurtriers que l'explosion elle-même. Un schéma indique un type des dispositions conseillées par l'auteur pour réaliser cet objectif.

On fait observer à ce sujet que l'hypothèse de gaz cheminant *sans*

pression est difficile à admettre, puisque l'existence même de la vitesse de déplacement implique celle d'une dépression motrice.

District de Bourgogne

Séance du 9 octobre 1892 à Chalon-sur-Saône.

Cette séance a été consacrée à diverses visites : d'abord celle des ateliers de construction de MM. Pinette et Cie qui occupent trois cents ouvriers presque exclusivement employés à la fabrication du matériel de mines. Les Membres de la Société ont pu voir des treuils de diverses sortes, des ventilateurs Ser, des cribles à charbon à mouvement giratoire horizontal, etc.

Les ateliers de la maison L. Galland fabriquent des treuils, des pompes, des ventilateurs et des compresseurs. Ces derniers sont des compresseurs à sec avec circulation d'eau extérieure et distribution par tiroir cylindrique.

A la suite de cette visite est donnée la description du lavoir à vitesse et course de piston variables, pour l'épuration des charbons et minerais de M. Ravat, en construction dans les ateliers Galland et qui renferme des dispositions nouvelles et ingénieuses, dont l'objet est de réaliser une réduction considérable dans les frais de lavage.

Nouvelle disposition des voies de roulage et blindage métallique des plans inclinés avec cadre en fer de 1,65 *m* de diamètre, par M. Brosse.

Ces cadres du poids de 35 *kg*, faits avec de vieux rails, sont employés au nombre de plus de 10 000 aux houillères d'Epinac. Leur forme circulaire, choisie pour donner la résistance maxima, donne une section réduite qui gênait pour l'application aux plans inclinés automoteurs, où le croisement exige une augmentation de largeur. On a dû modifier les voies de roulage pour réduire la largeur d'occupation, ce que fait comprendre un croquis schématique joint à la note.

Barrière mobile pour la fermeture automatique des puits en exploitation, par M. Suisse.

On a installé, depuis quelque temps, au puits J. Chagot des mines de Blanzy, une barrière qui n'est pas mue directement par la cage, comme on en a essayé dans beaucoups d'endroits, mais qui s'ouvre à la main et se ferme automatiquement, dès que la cage quitte la recette. Cette installation fonctionne fort bien et ne paraît pas devoir demander beaucoup d'entretien. Ce genre de barrières peut s'adapter facilement à toute recette, quelle que soit sa disposition, et répond aux exigences de la circulaire ministérielle du 2 mai 1892, puisqu'elle est capable d'empêcher la chute des hommes et du matériel et qu'elle est pourvue d'un dispositif simple, assurant la fermeture de la barrière tant que la cage n'est pas à la recette.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

Bulletin de Décembre 1892

Notice nécrologique sur M. **J.-A. Schlumberger**, par M. Auguste Dollfus.

Note sur un nouvel **aspirateur universel pour siphons**, par M. Emile Muller.

L'aspirateur proprement dit, qui peut être adapté à un siphon quelconque, tube de caoutchouc ou autre, est formé d'un cylindre de verre contenant un piston fixé à un tube. Et en bouchant avec le doigt l'extrémité de ce tube et en soulevant le piston, on amorce le siphon et on détermine l'écoulement par cette extrémité, dès qu'on enlève le doigt. Pour interrompre l'écoulement, il suffit de relever le siphon ; mais celui-ci reste amorcé et l'écoulement recommence dès qu'on abaisse le tube. Le piston est fait en amiante pour les acides forts.

Note sur l'**action du cuivre sur les matières colorantes exposées à la lumière**, par M. Camille Schoen.

Rapport sur la **marche de l'École supérieure de chimie** pendant l'année 1891-92, par M. G. Schæffer.

L'école a été fréquentée par 55 élèves dont 19 Alsaciens. Sur 14 élèves de la seconde année, 11 ont obtenu leurs certificats d'étude et passeront plus tard les examens. La nouvelle année scolaire 1892-93 ouvre avec 38 élèves et 16 manipulateurs, total 54, chiffre presque identique à celui de l'exercice précédent. Les dépenses se sont élevées à 54 889 marks, couvertes par les écolages pour 34 600 marks et les subventions de la ville et de la Société industrielle pour le reste.

Rapport sur la **marche de l'École de filature et de tissage mécanique**, pendant l'année scolaire 1891-92, par M. O. Wild.

L'école est fréquentée par dix-neuf élèves pour la filature et neuf pour le tissage. Au commencement de l'exercice actuel, le nombre des élèves est beaucoup plus considérable. Vingt et un suivent les cours de filature et dix-huit le cours de tissage.

École de dessin de la Société industrielle (Concours de l'année scolaire 1891-1892).

École d'art professionnel de jeunes filles (Septième année, 1891-1892). Rapport du comité, par M. Ed. Dollfus.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 1. — 7 *janvier* 1893.

Pont sur la Saale à Bernburg, par R. Cramer.

Progrès récents dans la construction des chaudières, par L.-C. Janse.

Efforts développés sur les bielles et les têtes de tiges de pistons dans les machines à vapeur, par Stribeck.

Ventilateurs compound, par C. Wenner.

Groupe de Hambourg. — Courroies de transmission.

Bibliographie. — Machines à vapeur à grande vitesse, par J. Redinger. — Manuel pour la construction des appareils de mesures électriques, par A. Heidweiller. — Manuel de la fonderie de fer dans ses diverses branches, par E.-T. Durre. — Le ciment de Portland et son emploi dans les constructions.

Variétés. — Le yacht en aluminium avec moteur à naphte *Mignon*. — Exposition universelle de Chicago en 1893. — Station saxonne d'essais de machines agricoles. — Association allemande d'hygiène publique.

N° 2. — 14 *janvier* 1893.

Installation d'un ventilateur de mines aux salines d'Heilbronn, par F. Buschmann.

Théorie des moteurs à vapeur, par Donat-Banki.

Chute du pont de Mönchenstein, par Hartmann.

Groupe du Rhin inférieur. — Règlements pour l'emploi des colonnes en fer dans les constructions. — Le nouvel abattoir municipal de Rheidt. — Industries de la ville de Rheidt.

Groupe de Thuringe. — Influence nuisible des matières grasses dans les eaux d'alimentation. — Appareils frigorifiques. — Lampes à gaz à incandescence de Auer. — Projet de loi sur les installations électriques.

Groupe de Westphalie. — Matériaux pour la fabrication des essieux.

N° 3. — 21 *janvier* 1893.

Notice biographique sur Werner von Siemens.

Dynamo système Fritsche, par W. Vollbrecht.

Programme de visites à l'Exposition de Chicago, par J. Beissbaith.

Emploi et essai des matières de graissage, par Kuntze.

Remarques à ce sujet, par A. Kunkler.

Groupe du Rhin inférieur. — Règlements des Sociétés d'assurances

contre les accidents « Nordstern » et « Société d'assurances de Cologne ». — Séchage de la vapeur.

Groupe de Würtemberg. — Installations électriques d'Argen. — Nouveautés dans les injecteurs. — Explosion du bateau à vapeur le ***Mont-Blanc.*** — Développement du groupe de Würtemberg.

N° 4. — 28 *janvier* 1893.

Comparaison entre les moteurs à gaz et les machines à vapeur, par O. Kohler.

Nouvelle méthode pour le tracé des arcs de cercle, par W. Hartmann.

Sur la Photogrammétrie (levé des plans par la photographie), par V. Pollack.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Appareils de sauvetage pour les incendies. — Nouvelle disposition pour les grands gazomètres. — La vapeur sèche.

Correspondance. — Machines à vapeur pour la commande des dynamos. — Nouvelle théorie de la machine à vapeur.

Pour la Chronique et les Comptes Rendus :

A. Mallet.

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	BI-MENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES	
Journal d'Agriculture pratique	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Journal de la Meunerie	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Journal de l'Éclairage au Gaz	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	
Journal des Chambres de commerce (Le)	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	
Journal des Chemins de fer	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Journal des Mines et des Chemins de fer	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Journal des Photographes	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Journal des Travaux Publics	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
Journal des Usines à Gaz	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	
Journal des Transports	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Journal officiel	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
Journal télégraphique (Berne)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Marine française (La)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Monde économique (Le)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Moniteur de la Céramique, de la Verrerie, etc.	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	
Moniteur de la Papeterie française (Le)	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	
Moniteur des Fils et Tissus	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Moniteur des Intérêts matériels	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
Moniteur officiel du Commerce	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	

LISTE

DES

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

REÇUES PAR

LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

AU

1er JANVIER 1893

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	BI-MENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES	
Société d'encouragement pour l'Industrie nationale (Bulletin)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Société d'encouragement pour l'Industrie nationale (Compte rendu)	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	
Société de Géographie commerciale de Bordeaux (Bulletin)	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	
Société de Géographie commerciale de Paris (Bulletin)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Société de Géographie de l'Est (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	
Société de Géographie de Paris (Compte rendu)	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	
Société de Géographie de Paris (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	
Société de l'Industrie minérale (Compte rendu)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Société de l'Industrie minérale (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	
Société de protection des Apprentis (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	
Société de secours des Amis des Sciences	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Société des Agriculteurs de France (Bulletin)	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	
Société des anciens élèves des écoles d'Arts et Métiers (Bulletin technologique)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Société des Arts, classe d'industrie et de commerce (Genève)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Société des conducteurs et commis des Ponts et Chaussées et des contrôleurs des mines (Bulletin)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Société des études coloniales et maritimes	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Société des Sciences industrielles de Lyon	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	
Société des [illegible] chaudronniers, fondeurs												

Société industrielle de Mulhouse	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société industrielle du Nord de la France (Bulletin	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»
Société industrielle du Nord de la France (Comptes rendus	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société industrielle de Rouen	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Société industrielle de Reims	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société industrielle de Saint-Quentin et de l'Aisne	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société internationale des Électriciens	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société nationale d'Agriculture de France (Bulletin	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société nationale d'Agriculture de France (Mémoires, Séance publique annuelle)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société nationale des Sciences, de l'Agriculture et des Arts de Lille	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société scientifique industrielle de Marseille (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société technique de l'Industrie du gaz (Compte rendu des Congrès	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société vaudoise des Ingénieurs et des Architectes (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»
Société vaudoise des Sciences naturelles	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»
Statistique de l'Industrie minérale et des appareils à vapeur en France et en Algérie	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Statistique de la navigation intérieure	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Statistique des Chemins de fer français	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Sucrerie indigène (La)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Syndicat des Ingénieurs-conseils en matière de propriété industrielle (Bulletin	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	BI-MENSUELLES	MENSUELLES	1 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES	
Tableau général des mouvements du cabotage	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Tableau général du commerce de la France	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Technologiste (Le)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Union des Chambres syndicales lyonnaises (Compte rendu)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Union des Ingénieurs sortis des Écoles spéciales de Louvain	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	
Union géographique du Nord de la France	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	
Yacht (Le), Journal de la Marine	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
EN ALLEMAND												
Akademie der Wissenschaften (Wien)	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	
Annalen für Gewerbe und Bauwesen (Berlin)	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	
Architekten- und Ingenieur Vereins zu Hannover (Zeitschrift)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	
Centralblatt der Bauverwaltung (Berlin)	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
Dingler's polytechniches Journal (Stuttgart)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Jahrbücher der K. K. central Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus (Wien)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Niederösterreichischen Gewerbe Vereins (Wochenschrift) (Wien)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	

[illegible]											
[illegible]											
Repertorium der technischen Journal-Litteratur	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Schweizerische Bauzeitung (Zurich)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Vereines Deutscher Ingenieure (Zeitschrift) (Berlin)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Zeitschrift für Bauwesen (Berlin)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»
EN ANGLAIS											
American Academie of Arts and Sciences (Proceedings) (Boston)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
American Engineer and Railroad Journal (New-York)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
American Institute of electrical Engineers (Transactions) (New-York)	»	»	»		1	»	»	»	»	»	»
American Institute of mining Engineers (Transactions) (New-York)	»	»		»	1	»	»	»	»	»	»
American Society of civil Engineers (Transactions) (New-York)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
American Society of mechanical Engineers (New-York)	»	»		»	1	»	»	»	»	»	»
Association of Engineering Societies (Journal of the) (New-York)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Boston Society of civil Engineers (Chicago)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Bureau of Steam Engineering (Annual Report of the Chief of) Washington		»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
California Academy of sciences (San Francisco)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Canadian Institute (Annual archæological Report) (Toronto)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Canadian Institute (Transactions) (Toronto)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»
Canadian Society of civil Engineers (The) (Transactions) (Montréal)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»
Chinese Lighthouses (List of the) (China)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
City Engineer Boston (Annual Report)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Electrical Engineer (The) (London)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	BI-MENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES	
Electrical World (The) (New-York)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Electrician (The) (London)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Engineer (The) (London)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Engineering (London)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Engineering Association of new south wales (Minutes of Proceedings) (Sydney)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Engineering News (New-York)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	1	
Engineering Record (The) (New-York)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Engineering Society of school of practical science (Papers) (Toronto)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	
Engineers' club of Philadelphia (Proceedings) (Philadelphia)	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	
Engineers' club of Philadelphia (Record) (Philadelphia)	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	
Franklin Institute (Journal of the) (Philadelphia)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Indian Engineering (Calcutta)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Industries (London and Manchester)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Institution of civil Engineers (Minutes of Proceedings) (London)	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	
Institution of civil Engineers (Private Press) (London)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Institution of Electrical Engineers (Journal of the) (London)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Institution of Engineers and shipbuilders in Scotland (Transactions) (Glasgow)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Institution of mechanical Engineers (Proceedings) (London)	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	
Iron (London)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	

Réforme sociale (La)	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Revue d'Artillerie	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue de chimie industrielle	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue de Législation des Mines en France et en Belgique	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Revue du Commerce extérieur	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Revue du Génie militaire	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Revue du sauvetage en France et à l'étranger	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Revue générale de l'Architecture et des Travaux publics	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue générale de mécanique appliquée	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue générale des Chemins de fer	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue horticole	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Revue maritime et coloniale	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue pratique des travaux publics	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue technique de l'Exposition universelle de 1889	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue universelle des Inventions nouvelles (Éditions A à Z)	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Revue universelle des Mines	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Sciences et Commerce	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Semaine des Constructeurs (La)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Semaine financière (La)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Service hydrométrique du bassin de la Seine et du bassin de l'Adour (Observations sur les cours d'eau et la pluie)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société académique d'Agriculture, des Sciences, Arts et Belles Lettres du département de l'Aube	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société académique d'architecture de Lyon	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société belge d'électriciens (Bulletin)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société d'économie politique (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	BI-MENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES	
EN ESPAGNOL												
Asociación nacional de Ingenieros industriales (Boletin de la) (Madrid).	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	
Boletin de agricultura, mineria e industrias (Mexico).	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Boletin de Minas (Lima).	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
El Porvenir de la Industria (Barcelona)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Industria é Invenciones (Barcelona).	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Observatorio Météorológico Magnético central de México (Boletin Mensual)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Revista de obras públicas (Madrid)	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	
Revista Minera Metalúrgica y de Ingenieria (Madrid).	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Revista Tecnológica-Industrial (Barcelona)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Sociedad cientifica « Antonio Alzate » (Memorias) (México)	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	
Sociedad Colombiana de Ingenieros (Anales de Ingenieria et Organo de la) (Bogóta).	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Sociedad « Sánchez Oropesa » (Boletin de la) (Orizaba)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Universidad central del Ecuador (Anales de la) (Quito)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
EN HOLLANDAIS												
De Ingenieur (S'Gravenhage).	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	

Société française de Physique (Compte rendu)	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Société française de Physique (Séances de la)	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société française de Physique (Mémoires)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société industrielle de l'Est	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société industrielle de Mulhouse	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société industrielle du Nord de la France (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société industrielle du Nord de la France (Comptes rendus)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société industrielle de Rouen	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Société industrielle de Reims	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société industrielle de Saint-Quentin et de l'Aisne	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société internationale des Électriciens	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société nationale d'Agriculture de France (Bulletin)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société nationale d'Agriculture de France (Mémoires, Séance publique annuelle)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société nationale des Sciences, de l'Agriculture et des Arts de Lille	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société scientifique industrielle de Marseille (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société technique de l'Industrie du gaz (Compte rendu des Congrès)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société vaudoise des Ingénieurs et des Architectes (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»
Société vaudoise des Sciences naturelles	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»
Statistique de l'Industrie minérale et des appareils à vapeur en France et en Algérie	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Statistique de la navigation intérieure	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Statistique des Chemins de fer français	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Sucrerie indigène (La)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Syndicat des Ingénieurs-conseils en matière de propriété industrielle (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	BI-MENSUELLES	MENSUELLES	3 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES	
Tableau général des mouvements du cabotage	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Tableau général du commerce de la France	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Technologiste (Le)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Union des Chambres syndicales lyonnaises (Compte rendu)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Union des Ingénieurs sortis des Écoles spéciales de Louvain	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	
Union géographique du Nord de la France	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	
Yacht (Le), Journal de la Marine	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
EN ALLEMAND												
Akademie der Wissenschaften (Wien)	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	
Annalen für Gewerbe und Bauwesen (Berlin)	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	
Architekten- und Ingenieur Vereins zu Hannover (Zeitschrift)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	
Centralblatt der Bauverwaltung (Berlin)	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
Dingler's polytechniches Journal (Stuttgart)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Jahrbücher der K. K. central Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus (Wien)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Niederösterreichischen Gewerbe Vereins (Wochenschrift) (Wien)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	

Repertorium der technischen Journal-Litteratur	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	—
Schweizerische Bauzeitung (Zurich)	•	•	—	•	•	•	•	•	•	•	•
Vereines Deutscher Ingenieure Zeitschrift (Berlin)	•	•	—	•	•	•	•	•	•	•	•
Zeitschrift für Bauwesen (Berlin)	•	•	•	•	•	•	•	—	•	•	•

EN ANGLAIS

American Academie of Arts and Sciences (Proceedings) (Boston)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	—
American Engineer and Railroad Journal (New-York)	•	•	•	•	—	•	•	•	•	•	•
American Institute of electrical Engineers (Transactions) (New-York)	•	•	•	•	—	•	•	•	•	•	•
American Institute of mining Engineers (Transactions) (New-York)	•	•	•	•	—	•	•	•	•	•	•
American Society of civil Engineers (Transactions) (New-York)	•	•	•	•	—	•	•	•	•	•	•
American Society of mechanical Engineers (New-York)	•	•		•	—	•	•	•	•	•	•
Association of Engineering Societies (Journal of the) (New-York)	•	•	•	•	—	•	•	•	•	•	•
Boston Society of civil Engineers (Chicago)	•	•	•	•	—	•	•	•	•	•	•
Bureau of Steam Engineering Annual Report of the Chief of Washington		•	•	•	•	•	•	•	•	•	—
California Academy of sciences (San Francisco)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	—
Canadian Institute (Annual archaelogical Report) (Toronto)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	—
Canadian Institute (Transactions) (Toronto)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	—	•
Canadian Society of civil Engineers (The) (Transactions) (Montréal)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	—	•
Chinese Lighthouses (List of the) (China)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	—
City Engineer Boston (Annual Report)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	—
Electrical Engineer (The) (London)	•	•	—	•	•	•	•	•	•	•	•

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	BI-MENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES	
Electrical World (The) (New-York)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Electrician (The) (London)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Engineer (The) (London)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Engineering (London)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Engineering Association of new south wales (Minutes of Proceedings)(Sydney)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Engineering News (New-York)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	1	
Engineering Record (The) (New-York)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Engineering Society of school of practical science (Papers) (Toronto)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	
Engineers' club of Philadelphia (Proceedings) (Philadelphia)	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	
Engineers' club of Philadelphia (Record) (Philadelphia)	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	
Franklin Institute (Journal of the) (Philadelphia)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Indian Engineering (Calcutta)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Industries (London and Manchester)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Institution of civil Engineers (Minutes of Proceedings) (London)	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	
Institution of civil Engineers (Private Press) (London)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Institution of Electrical Engineers (Journal of the) (London)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Institution of Engineers and shipbuilders in Scotland (Transactions) (Glasgow)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Institution of mechanical Engineers (Proceedings) (London)	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	
	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	

Iron Monger (The) (London)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	
Master-Car Builders Association (Annual Convention) (Chicago)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Midland Institute of Mining civil and mechanical Engineers (Proceedings) (Barnsley)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	
Midland Institute of Mining civil and mechanical Engineers (Transactions (Barnsley)	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	
Mining world (The) (London)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	
Navy department Bureau of navigation office of naval Intelligence (Washington)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
North of England Institute of mining and mechanical Engineers (Transactions) (Newcastle-Upon-Tyne)	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Nova Scotian Institute of science (Proceedings and Transactions) (Halifax Nova Scotia)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Public Works Department. Government of Bengale (Revenue Report) (Calcutta)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Railroad Gazette (New-York)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Railway Engineer	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Society of Arts (Journal of the) (London)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Society of Engineers (Transactions) (London)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
United States Artillery (Journal of the) Fort Monroe (Virginia)	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
United States Coast Geodetic Survey (Report) (Washington)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
United States Geological Survey (Annual report) (Washington)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
United States Naval Institute (Proceedings) (Annapolis)	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
EN DANOIS											
Ingenioren (Kjobenhavn)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	BI-MENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES	
EN ESPAGNOL												
Asociación nacional de Ingenieros industriales (Boletin de la) (Madrid).	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	
Boletin de agricultura, mineria e industrias (Mexico).	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Boletin de Minas (Lima).	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
El Porvenir de la Industria (Barcelona)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Industria é Invenciones (Barcelona).	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Observatorio Météorológico Magnético central de México (Boletin Mensual)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Revista de obras públicas (Madrid)	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	
Revista Minera Metalúrgica y de Ingenieria (Madrid).	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Revista Tecnológica-Industrial (Barcelona)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Sociedad cientifica « Antonio Alzate » (Memorias) (México)	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	
Sociedad Colombiana de Ingenieros (Anales de Ingenieria et Organo de la) (Bogóta).	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Sociedad « Sánchez Oropesa » (Boletin de la) (Orizaba)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Universidad central del Ecuador (Anales de la) (Quito)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
EN HOLLANDAIS												
De Ingenieur (S'Gravenhage).	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	

EN HONGROIS											
A Magyar Mérnök-és Épitész Egylet-Heti Értesitöje (Budapest)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	
A Magyar Mérnök-és Epitész-Egylet-Köznölie (Budapest)	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
EN ITALIEN											
Accademia dei Lincei (Atti della Reale) (Roma).	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Accademia dei Lincei (Memorie) (Roma)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Accademia di Scienze, Lettere ed Arti in Modena (Memorie della Regia).	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Bollettino delle opere moderne straniere (Roma).	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Collegio d'Ingegneri ed Architetti in Catania.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Collegio degli Architetti ed Ingegneri di Firenze (Atti del)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»
Collegio degli Ingegneri e degli Architetti in Palermo (Atti del). . . .	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»
Collegio degli Ingegneri ed Architetti in Napoli (Bollettino).	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Giornale del Genio civil (Roma).	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Industria (L') (Milano)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Politecnico (Il) (Milano).	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Rivista di Artiglieria e Genio (Roma).	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Società d'applicazione pergl'ingegneri in Roma (Annuaire et Programm d'Insegnamento)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino (Atti della)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Società degli Ingegneri e degli Architetti Italiani (Annali della) (Roma).	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
EN POLONAIS											
Przeglad techniczny (Warszawa)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	BI-MENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES	
EN PORTUGAIS												
Annuario publicado pelo Imperial Observatorio do Rio de Janeiro	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Revista de Obras Publicas é Minas (Lisboa)	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	
Revista do Observatorio do Rio de Janeiro	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
EN RUSSE												
Ingénieur (Kieff)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Zapiski Imperatorskagho Rousskagho Technitcheskagho Obchtchestva (Saint-Pétersbourg)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Izviéstiya Sobrania Injenierove Poutei Soobchtchénia (St-Pétersbourg)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
EN SUÉDOIS												
Teknisk Tidsskrift (Norks) (Kristiania)	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	
Technisk-Tidskrift (Ny Följd) (Stockholm)	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	
EN TCHÈQUE												
Technický obzor	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	

IMP. LAHURE (HAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 4044-2-93. — (Encre Lorilleux)

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

FÉVRIER 1893

N° 2

Sommaire des séances du mois de février 1893 :

1° *Album des photographies des Membres de la Société.* (Séance du 17 février), page 176 ;

2° *Décès* de MM. A. Cabany, E. Blanpain, F. de la Rochette, A.-J. Belpaire, A. de Ibaretta. (Séances des 3 et 17 février), pages 169 et 176 ;

3° *Décoration.* Commandeur de la Légion d'honneur, M. Richemond. (Séance du 3 février), page 170 ;

4° *Dons de Bons de l'Emprunt de 1889*, par MM. E. Lebon, H. Bunel, Kreutzberger, P.-M. Jullien, L.-G. Le Brun, A. Normand, J. Farcot, P. Farcot, A. Farcot, Schild-Farcot, E.-W. Windsor, V. Damoizeau, J. Charton, Cottancin, Chômienne. (Séances des 3 et 17 février), pages 170 et 176 ;

5° *Ecole Diderot* (Concours à l'), pour la situation d'ingénieur-directeur. (Séance du 17 février), page 176 ;

6° *Exposition de Chicago* (avis relatif au voyage des membres de la Société à l'). (Séance du 3 février), page 171 ;

7° *Exposition de pisciculture et de sauvetage* à Truro (Angleterre). (Lettre de M. Cacheux à propos de l'). (Séance du 3 février), page 170 ;

8° *Ouvrages reçus.* (Séances des 3 et 17 février), pages 170 et 176 ;

9° *Prix Couvreux* (Nomination des membres du jury du). (Séances des 3 et 17 février), pages 172 et 177 ;

10° *Bandage pneumatique en caoutchouc appliqué aux roues des véhicules légers.* Communication par M. Michelin et observations par MM. Anthoni, Gust. Richard et Jousselin. (Séance du 17 février), page 182;

11° *Briques en magnésie d'Eubée* (Les), par M. Lencauchez. Observations de MM. P. Regnard et Jousselin. (Séance du 17 février), page 180;

12° *Direction des ballons* (Le problème de la), par M. R. Soreau, observations de MM. de Duroy de Bruignac et D.-A. Casalonga. (Séance du 3 février), page 172;

13° *Installation électrique dans une usine* (Note de M. Houbigant sur une). (Séance du 17 février), page 177;

14° *Résistance des terrains sablonneux aux charges verticales* (Note complémentaire de M. Yankowsky, présentée par M. H. Vallot. (Séance du 17 février), page 177;

15° *Surchauffeur Schwœrer* (Le), communication par M. Aug. Doumerc et observations de MM. Thareau et Jousselin. (Séance du 17 février), page 178;

Mémoires contenus dans le Bulletin de février 1893 :

16° *Le Surchauffeur Schwœrer*, par M. Aug. Doumerc, page 187;

17° *De la Vélocipédie et des Progrès que le bandage pneumatique lui a permis de réaliser*, par M. A. Michelin, page 197;

18° *Le Problème de la direction des Ballons*, par M. R. Soreau, page 222;

19° *Le Port de Tandjonk-Priok (Java)*, par M. J. de Koning, page 302;

20° *Notice nécrologique* sur M. A. Belpaire, page 310;

21° *Chronique n° 158*, par M. A. Mallet, page 316;

Comptes rendus, — page 330;

22° Planche n° 87.

Pendant le mois de février, la Société a reçu :

33273 — De M. P. Pignant. *Ville de Dijon. Topographie médicale et assainissement* (in-8° de 165 p.). Paris, Steinheil, 1892.

33274 — De M. Pat. Doyle. *The Stress in statically indeterminate Structures* (in-4° de 24 p.). Calcutta.

33275 — De la Société des anciens Élèves des Écoles nationales d'Arts et Métiers. *Catalogue des ouvrages composant la bibliothèque au 30 juin 1886* (petit in-8° de 107 p.). Paris, Chair, 1886.

33276 — De M. A. de Dax (M. de la S.). *Recherches expérimentales sur l'eau et le vent considérés comme forces motrices applicables aux moulins et autres machines à mouvement circulaire*, par J. Smeaton et P.-S. Girard (in-4° de 102 p.). Paris, Courier, 1710.

33277 — De M. J.-E. Alix. *Moyen d'accélérer les améliorations possibles du sol par syndicats obligatoires, ou emploi de Sociétés industrielle* (in-8° de 47 p.). Toulouse, Lagarde et Sébille, 1892.

— Du Ministère des Travaux publics. *Statistique des chemins de fer français, au 31 décembre 1889 et au 31 décembre 1891.*

— De Dansk Ingeniorforening. *Ingenioren Ugeblad udgivet af Dansk Ingeniorforening*, 1re Aargang, Juli-Decbr. 1892 (in-4° de 114 p.). Kjobenhaven, 1892.

— De la même. *Statsbane driften 1867-1892* (grand in-8° de 25 p. avec 7 pl.). Kjobenhaven, 1892.

— De la même. *Projekt til Ordningen af Banegaards forholdene i og ved Kobenhaven* (une feuille in-4° avec atlas de 5 pl., 1, 2 grand aigle). Kjobenhaven, 1892.

— De l'Engineering Association of New South Wales. *Minutes of Proceedings*, vol. VI, 1890-91 et vol. VII, 1891-92. Sydney, 1891 et 1892.

— Du Ministre de l'Agriculture, de l'Industrie et des Travaux publics de Belgique. *Guide du batelier. Annexe I. Réglement de l'Escaut maritime et de ses affluents a marée* (in-12 de 42 p. avec une carte). Bruxelles, 1893.

— De MM. E. Bernard et Cie, éditeurs. *Le chauffage au gaz dans ses applications à la metallurgie*, par A. Ledebur (in-8° de 111 p. avec atlas même format de 34 pl.).

— Des mêmes. *Les levures pures de vin en distillerie*, par Georges Jacquemin (grand in-8° de 20 p. avec 1 pl.).

— Des mêmes. *Traité général des propulseurs employés dans la navigation a vapeur*, par Benjamin Martinenq (petit in-4° de 208 p. avec atlas même format de 34 pl.) Paris, Bernard et Cie, éditeurs, 1893.

— De M. G. Richard (M. de la S.). *Les moteurs a petrole depuis 1889* (petit in-4° de 104 p.). Paris, Chamerot et Renouard, 1893.

— De M. de Mimac. *Service hydrometrique du bassin de l'Adour. Resume des observations centralisees pendant les annees 1889 et 1890*. Pau, Garet, 1892.

— De MM. Gauthier-Villars et fils, éditeurs. *Etat actuel de la marine de guerre*, par Bertin (petit in-8° de 192 p. avec 12 pl.).

— Des mêmes. *Industrie des cuirs et des peaux*, par Ferdinand Jean (petit in-8° de 195 p.). Paris, Gauthier-Villars et fils, G. Masson, 1893.

— De M. N.-J. Raffard (M. de la S.). *South Kensington Museum. Conferences held in connection with the special Loan collection of scientific apparatus 1876. Physics and Mechanics* (in-8° de 439 p.). London, 1877.

— De l'American Society of Mechanical Engineers. *Transactions*, vol. XIII, 1892. New-York, 1892.

— Du Ministre des Travaux publics. *Statistique de l'industrie minerale et des appareils a vapeur en France et en Algerie pour l'annee 1891*. Paris, Imprimerie Nationale, 1892.

33296 — De M. F. Paponot (M. de la S.). *Relèvement immédiat et assuré de l'entreprise du canal de Panama* (grand in-8° de 134 p.). Paris, Baudry et Cie, 1893.

33297 — Du Ministre du Commerce et de l'Industrie. *Office du travail. Notices et comptes rendus*, fascicule III (in-8° de 121 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1892.

Les membres nouvellement admis pendant le mois de février, sont :

Comme membres sociétaires, MM. :

P.-M. Bertaux,	présenté par MM.	Bougault, Kessler, Perrault.
E.-A. Bouclier,	—	Appert, H. Chevalier, L. Rey.
H.-L. Brison,	—	de Nansouty, Jannettaz, Marboutin.
T.-F. de Chazal,	—	P. Buquet, Bertrand de Fontviolant, Ed. Coignet.
P. Collier,	—	de Nansouty, Jannettaz, Svilokossitch.
E.-V.-A. Fettu,	—	P. Buquet, du Bousquet, A. Mallet.
Ch. Gerbaud,	—	E. Polonceau, Chaussegros, Durant.
L.-M.-É. Guérard,	—	E. Polonceau, Chaussegros, Mercey.
A.-Ch. Henry,	—	P. Buquet, P. Jousselin, Ed. Bernheim.
B.-J.-L. Henry,	—	Brancher, Maury, M. de Nansouty.
A. Hiberty,	—	E. Polonceau, Durant, de Frémin-ville.
L.-J.-E. Huboc,	—	Couriot, Dumont, Fleury, Gassaud.
J.-L.-L. Lantz,	—	Jousselin, Canet, Merveilleux du Vignaux.
E. Lizeray,	—	Berthon, Bougault, A. Moreau.
J. Maridet,	—	Bécot, Buchetti, A. Girard.
G. de Montgolfier,	—	Bougault, C. de Montgolfier, Perrault.
A.-A. Morizot.	—	Brûll, Ch. Gallois, A. Amiot.
A.-E. Mulley,	—	E. Albaret, F. Delmas, Hegelbacher.
Ch.-M. Révérand,	—	E. Polonceau, Chaussegros, Durant.
E.-A. Robequain,	—	P. Buquet, Joubert, Penelle.
O.-M. de Rochefort-Luçay,		Jousselin, Chatard, M. de Nansouty.
R. Trottier,	—	Ansaloni, Le Brun, S. Périssé.
J.-F. Wassner,	—	E. Polonceau, Chaussegros, Durant.
A.-M. Zoborowski,	—	Rolin, Grosselin, Ed. Coignet.

Et comme membres associés, MM. :

E. Desouches,	présenté par MM.	Faure-Beaulieu, Jean, Périssé.
H.-N. Péretmère,	—	Aimond, Hennerick, G. Lévi.
R. Varennes,	—	Bourdon, Bricogne, Pérignon.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE FÉVRIER 1893

Séance du 3 février 1893.

PRÉSIDENCE DE M. P. JOUSSELIN, PRÉSIDENT

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de plusieurs membres de la Société.

M. Cabany (Armand), ancien élève de l'école supérieure des Mines de Paris (1839), ancien Ingénieur de la Société de construction A. Cabany et C^ie^, et Ingénieur consultant de la Compagnie des Mines d'Anzin, membre de la Société depuis 1864.

M. Blanpain (Ernest), ancien élève de l'école des Arts et Métiers de Châlons (1854), ancien Ingénieur de la maison Cail, et, en dernier lieu, Ingénieur fondé de pouvoirs des Fonderies et Ateliers de construction de Dammarie et Ecurey (Meuse), membre de la Société depuis 1886.

M. de la Rochette (Jean-Jérôme-Marie-Ferdinand), ancien élève de l'École Centrale des Arts et Manufactures (1839), ancien président de la Société des Sciences industrielles du Rhône, ancien membre de la Chambre de commerce de Lyon, vice-consul de Perse, gérant de la Compagnie des Hauts Fourneaux et Fonderies de Givors, membre de la Société depuis 1850.

M. de la Rochette appartenait à l'une des plus anciennes promotions de l'École Centrale; il était chevalier de la Légion d'honneur.

Enfin, la Société a eu la douleur de perdre tout dernièrement un de ses membres les plus illustres, M. Belpaire (Alfred-Jules), ancien élève de l'École Centrale de Paris, dont il sortit en 1840; il était de la promotion des Goschler, des Love, des Trélat et des Yvon-Villarceau (1).

En sortant de l'Ecole, M. Belpaire revint dans son pays et entra dans

(1) Voir la Notice nécrologique, page 310.

le corps des Ponts et Chaussées de Belgique et y parvint aux plus hautes fonctions : il était en dernier lieu administrateur des Chemins de fer de l'Etat belge et président de la Commission internationale des chemins de fer.

M. Belpaire était grand-officier de l'ordre de Léopold et grand officier de l'ordre de la Légion d'honneur; il faisait partie de la Société depuis 1861.

Ses obsèques ont eu un très grand éclat : le Ministre des Travaux publics de Belgique y assistait et y a pris la parole pour retracer la carrière de son regretté et éminent collaborateur. Malheureusement, la Société a été prévenue trop tardivement pour se faire représenter par l'un des membres du Bureau ou du Comité; M. de Dax a été délégué et a prononcé quelques paroles au nom de la Société.

M. LE PRÉSIDENT dit qu'il a la très vive satisfaction d'annoncer à la Société qu'un des membres de son Comité, M. Richemond, ancien président du Tribunal de Commerce de la Seine, vient d'être nommé commandeur de la Légion d'honneur. Cette haute distinction fait le plus grand honneur à la Société, en même temps qu'au sympathique collègue qui l'a si bien mérité par le dévouement avec lequel il s'est acquitté de son mandat de juge et de président du Tribunal consulaire. *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT annonce qu'un certain nombre de membres de la Société ont fait abandon en sa faveur des bons souscrits par eux à l'emprunt 1889. Ce sont : MM. Lebon (Eugène), 4 bons; Brunel (Henri), 1 bon; Kreutzberger, 1 bon; Jullien (P.-M.), 1 bon; Le Brun (L.-G.), 4 bons; Normand (A.), 1 bon; Farcot (Joseph), 9 bons; Farcot (Paul), 2 bons; Farcot (Augustin), 2 bons; Schild-Farcot, 2 bons; Windsor (E.-W.), 2 bons; Damoiseau (V.), 1 bon; ensemble, 30 bons = 1 500 *f.*

Au nom de la Société, M. le Président adresse ses remerciements à ces généreux donateurs. *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT dépose la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance, liste publiée plus loin.

M. LE PRÉSIDENT informe la Société qu'il vient de recevoir une lettre de M. Cacheux annonçant que le 15 juillet s'ouvrira à Truro (Angleterre) une exposition de pisciculture et de sauvetage, sous le patronage de S. A. R. le prince de Galles et sous la présidence de S. A. R. le duc d'Édimbourg, exposition à laquelle il a l'intention de se rendre; le programme de cette exposition est annexé à la lettre.

M. Cacheux annonce aussi qu'un concours de sauvetage sera ouvert à Paris le 16 juillet et en même temps son projet d'organiser l'an prochain un Congrès de sauvetage à Bordeaux.

Il joint enfin à sa lettre un travail de M. J. Lawrance-Hamilton sur la pisciculture en Angleterre (texte anglais), et il ajoute que M. Lawrance-Hamilton a consacré sa fortune à développer la pisciculture dans son pays.

M. LE PRÉSIDENT fait part aussi d'une lettre de M. S. Périssé, qui in-

forme la Société que l'Association des Industriels de France contre les accidents du travail vient de créer un musée spécial des accidents du travail à l'Hôtel des Chambres syndicales, 3, rue de Lutèce, où l'Association vient de transporter en même temps son siège social.

M. LE PRÉSIDENT rappelle que le *Voyage des membres de la Société a Chicago* doit avoir lieu aux dates suivantes : départ de France le 24 août, pour arriver à New-York vers le 3 septembre et en repartir le 30 septembre pour être de retour en France vers le 8 octobre.

Seize de nos collègues se sont déjà fait inscrire, et M. le Président engage tous ceux qui ont l'intention de participer à ce voyage à nous en informer le plus tôt possible, en vue des arrangements à prendre tant en Amérique qu'avec les Compagnies de chemins de fer et de bateaux.

Il rappelle aussi qu'en juillet auront lieu à Chicago divers congrès parmi lesquels ceux du Génie civil tiendront une large place.

La Société y sera officiellement représentée par quelques membres qui seront en Amérique à cette époque.

M. LE PRÉSIDENT dit que nous avons reçu des invitations officielles pour ces congrès et il engage vivement nos collègues à nous envoyer des mémoires à ce sujet. (Voir la note ci-dessous) (1).

(1) Extrait du Procès-verbal de la séance du 5 août 1892.

. . . . . .

M. LE PRÉSIDENT annonce, comme complément à la communication faite à la précédente séance par M. de Dax sur l'Exposition de Chicago, que M. Collingwood, secrétaire de l'*American Society of Civil Engineers* de New-York, nous a adressé la lettre suivante :

Monsieur,

» Pendant la durée de l'Exposition de Chicago en 1893, aura lieu un « Congrès international des Ingénieurs ». L'*American Society of Civil Engineers* s'est chargée, pour sa part, d'organiser la partie relative au Génie Civil.

» J'ai, en conséquence, l'honneur de vous envoyer une liste des sujets qu'il serait intéressant de voir traiter à ce Congrès.

» Nous serions très heureux si les membres de votre Société voulaient bien nous envoyer leurs travaux et mémoires et notre Bureau se met à leur disposition.

» Pouvez-vous nous faire connaître les noms de ceux d'entre vous qui désireraient présenter un mémoire, avec indication, autant que possible, du sujet que chacun d'eux voudrait plus spécialement traiter ou des questions qu'il voudrait discuter.

» Aussitôt nous leur adresserons une demande officielle relative aux mémoires à préparer par eux.

» Nous espérons que bon nombre des membres de votre Société voudront bien répondre à notre appel, et, leur adressant d'avance tous nos remerciements, nous vous prions d'agréer, etc.

» Pour le Bureau de la Direction de l'*American Society of Civil Engineers* :
» COLLINGWOOD, *Secrétaire.* »

M. le Président adresse les remerciements de la Société à nos collègues américains et dit qu'il ne peut qu'appuyer la demande qui nous est faite. Il attire spécialement l'attention des membres de notre Société sur les importantes questions qui s'agiteront dans ce Congrès.

Il serait utile que tous ceux qui ont l'intention d'y participer voulussent bien en aviser le plus tôt possible notre Secrétariat en se conformant aux indications contenues dans la lettre de M. Collingwood.

Le Congrès du Génie Civil sera divisé en six sections qui sont les suivantes :

Division A, Génie civil.
— B, Mécanique.
— C, Mines.
— D, Métallurgie.
— F, Art Militaire.
— G, Marine et Art naval.

M. le Président rappelle que, conformément à l'article 4 du règlement relatif au prix Alph. Couvreux, l'assemblée a à élire trois membres du jury : il donne lecture de l'article 1er et de l'article 4 du règlement.

« Art. 1er. — Le prix Couvreux est décerné tous les trois ans à *l'auteur* » *d'un appareil ou procédé nouveau appliqué aux travaux publics* ou à » *l'auteur du meilleur mémoire reçu par la Société et relatif soit à un* » *appareil ou procédé nouveau appliqué aux travaux publics, soit à la* » *description des chantiers de travaux publics.*

« Art. 4. — Le jury se composera du Président, des quatre Vice-Pré- » sidents et de trois membres élus dans la première séance ordinaire du » mois de février de l'année où sera décerné le prix. »

Le jury contient nécessairement cinq membres du Bureau, les trois autres doivent être choisis par la Société.

M. le Président fait remarquer que c'est la première fois que ce prix va être distribué, il croit qu'il conviendrait que M. Abel Couvreux, l'un des fondateurs du prix, se trouvât au nombre des membres du jury. MM. Coiseau et Pontzen sont ensuite proposés.

L'assemblée consultée nomme à l'unanimité MM. Abel Couvreux, Coiseau et Pontzen, membres du jury du prix Couvreux.

La parole est ensuite donnée à M. R. Soreau pour sa communication sur le *Problème de la direction des ballons.*

M. R. Soreau dit que le commandant Renard est à la veille d'expérimenter un ballon dirigeable capable d'évoluer dans les airs pendant une dizaine d'heures, avec une vitesse propre d'environ 11 *m* par seconde; le problème de la direction serait donc pratiquement résolu. Il a cru opportun d'exposer, à cette occasion, le problème de la direction des ballons devant la Société.

Il établit d'abord que si la vitesse V du vent est supérieure à la vitesse propre *v* du dirigeable, celui-ci ne peut suivre qu'une route telle que la tangente en un quelconque de ses points fasse avec la direction du vent un angle dont le sinus soit inférieur à $\frac{v}{V}$: la courbe ne peut donc avoir de boucle fermée, et en particulier le ballon ne saurait revenir à son point de départ. Au contraire, si la vitesse *v* est supérieure à V, la route peut être quelconque et se fermer sur elle-même : inversement, *si le ballon est capable de suivre une courbe fermée*, *v* est supérieur à V et, *par suite on peut suivre telle route qu'on voudra.*

La direction des ballons est donc une simple question de vitesses, et pour savoir quelle chance on a de diriger un aérostat de vitesse connue, il suffit de consulter la table de probabilité des vents pour la région. On constate ainsi qu'on pourra revenir au point de départ trois fois sur quatre avec le nouveau ballon de Châlais (l'ascension étant faite par un vent quelconque), et quatre-vingt-seize fois sur cent avec un ballon ayant une vitesse propre de 20 *m*.

Mais, dit M. Soreau, si l'on voit clairement le but à atteindre, on rencontre de grandes difficultés à réaliser les conditions qui doivent y conduire. Après avoir établi les différences qui existent entre la navi-

gation aérienne et la navigation marine sur l'eau ou sous l'eau, il dégage ces conditions et les résume dans le tableau suivant:

Légèreté du moteur.

Diminution des résistances à l'avancement.	Allongement compatible avec le volume et la stabilité. Equilibre vertical. Rigidité du système. Invariabilité de forme. Forme de la nacelle et du ballon.
Stabilité de route.	Gouvernail. Forme du ballon.

Puis il examine sommairement les tentatives les plus dignes de fixer l'attention, en s'attachant surtout à mettre en lumière si et comment les conditions précédentes ont été réalisées. Il fait remarquer entre autres choses que le général Meusnier appliqua l'hélice à la navigation bien avant Sauvage; que Giffard vit toute l'importance du moteur et de l'allongement, mais ne prit pas les précautions nécessaires pour rendre cet allongement sans danger; que Dupuy de Lôme étudia la stabilité avec le plus grand soin, mais employa un moteur insuffisant; que par contre MM. Tissandier eurent recours à un moteur puissant et léger pour l'époque, mais ne se préoccupèrent pas suffisamment des autres conditions; qu'enfin MM. Renard et Krebs, résolvant très heureusement toutes les difficultés (sauf celle de la stabilité verticale automatique) purent, les premiers, décrire avec la plus grande aisance une courbe fermée, revenir planer au-dessus de la pelouse de départ, et atterrir doucement, avec une remarquable sûreté de manœuvres, sur cette pelouse peu étendue et entourée d'écueils.

M. Soreau montre que ce résultat est dû surtout à la pile Renard, qui augmente de moitié la capacité et quintuple la puissance des meilleures piles connues, puis il expose comment toutes les autres dispositions ont concouru au succès: le ballon a pu prendre sans danger un allongement voisin de celui qu'avait le deuxième ballon Giffard; les suspentes n'avaient pas la longueur et ne présentaient pas l'enchevêtrement qu'on remarque dans le ballon de Dupuy de Lôme, où les cordages à eux seuls opposent à l'avancement une résistance égale à la moitié de la résistance totale; l'hélice était placée à l'avant, afin de tirer le ballon comme ferait un travailleur pour rouler sur un mauvais terrain une brouette ayant des brancards et une ossature flexibles; enfin la forme dissymétrique de l'enveloppe contribuait puissamment à assurer la stabilité de route. Avant les officiers de Châlais, les moteurs donnaient une vitesse absolument insuffisante; on n'avait pu faire obéir le gouvernail, ni éviter les embardées; MM. Renard et Krebs ont doublé la vitesse et construit le ballon *la France*, marchant à 20 *km* et obéissant aux moindres indications du gouvernail. M. Soreau annonce qu'un nouveau pas en avant vient d'être fait, et qu'on verra au printemps prochain un nouveau dirigeable, *le Général-Meusnier*, dont le moteur ne pèsera que 30 *kg* par cheval, y compris dix heures d'approvisionnements. Après ce ballon, il en viendra un autre, également en progrès sur le précédent; ce que M. Soreau se

propose d'examiner dans la deuxième partie de sa communication, ce sont les moyens de réaliser ces progrès.

M. Soreau fait observer tout d'abord que la question capitale est l'allégement du moteur, et c'est principalement à son étude qu'est consacrée cette partie de son travail. Après avoir dit quelques mots sur l'allégement de la machinerie, il examine, au point de vue du poids, la transformation en travail de l'énergie développée par la combustion dans le foyer de diverses machines. Il commence par comparer les machines à vapeur aux moteurs électriques, et il établit par des graphiques, — qui donnent, l'un le poids par cheval des moteurs proprement dits en fonction de leur puissance, l'autre le poids par cheval-heure des générateurs (chaudières ou piles) en fonction de la durée — que cette durée est l'élément important de la comparaison, et que, pour le moment, les moteurs électriques, avantageux dans un voyage de une à deux heures, seraient, pour une journée, très inférieurs aux machines à vapeur, surtout si l'on trouvait un condenseur léger. Puis, indiquant les progrès que chacun des moteurs précédents est susceptible de réaliser, il établit que la supériorité de la machine à vapeur ira vraisemblablement en augmentant.

L'étude de ces progrès l'amène tout naturellement à parler des moteurs aérothermiques et des moteurs à hydrocarbure : pour les premiers, il expose, en s'appuyant sur l'autorité de Zeuner, qu'il faut comprimer l'air, mais il montre que cette compression doit être isothermique et non pas se faire adiabatiquement ; pour les seconds, il fait entrevoir qu'on peut, en modifiant le cycle et en utilisant en partie le gaz du ballon comme combustible, obtenir un moteur léger et réaliser la stabilité verticale des ballons dirigeables.

Mais il ne suffit pas, dit M. Soreau, d'avoir un moteur léger, il faut encore que le propulseur ainsi que les carènes du ballon et de la nacelle permettent d'en bien utiliser la puissance. Il estime qu'en l'état actuel de nos connaissances sur les fluides, il faut s'en remettre à la voie expérimentale du soin de déterminer les formes de l'hélice et des carènes aériennes ; il donne les résultats obtenus à Châlais sur l'hélice de *la France* et démontre que la puissance d'une hélice ne résulte pas du rapport entre la poussée et le travail sur l'arbre. Puis, il fait remarquer l'influence des lois de l'écoulement en empruntant aux travaux d'Athanase Dupré un exemple d'où il résulte que, si un disque se déplace sur un fluide, il y a compression du fluide à l'avant et aspiration à l'arrière. Le rôle de la poupe est d'éviter cette aspiration et même de récupérer une partie du travail dépensé à la proue en se faisant serrer par le fluide qui se referme comme par les lèvres d'un coin. Cette récupération doit être presque totale pour les poissons et pour les oiseaux, qui cheminent évidemment sans développer de très grands efforts musculaires. Quant à la forme de poupe qui convient à une proue et à une vitesse déterminées, M. Soreau dit qu'il y a encore une grande incertitude à ce sujet, car on ne peut baser des calculs sur une théorie qui n'est pas faite et qui manque de base solide. Il estime qu'il faut, dans ces conditions, se défier des abstractions mathématiques et chercher à se rendre compte des conditions physiques, par exemple en photographiant l'état de l'air traversé par un mobile.

Il conclut en constatant que notre siècle, dont l'une des plus grandes gloires a été de réaliser la locomotion rapide sur la terre et sur l'eau, verra sans doute, avant de disparaître, la locomotion aérienne atteindre les vitesses de ses deux ainées.

M. LE PRÉSIDENT remercie, au nom de la Société, M. Soreau de sa très intéressante communication qui appellera certainement une discussion, mais il croit qu'il convient d'ajourner cette discussion jusqu'à ce que la communication ait été imprimée dans le *Bulletin*, d'autant plus que l'ordre du jour de la séance n'est pas épuisé.

M. DUROY DE BRUIGNAC dit qu'il ne peut laisser passer sans réponse les assertions de M. Soreau. La communication a été certainement fort intéressante, et il y a applaudi avec plaisir, mais il trouve néanmoins qu'elle contient beaucoup d'affirmations hasardées ou au moins contestables ; il pense que la réfutation si elle ne peut être immédiate, doit être faite à très bref délai.

M. PÉRISSÉ fait remarquer que l'heure est trop avancée pour que la discussion de sa communication puisse avoir lieu : il renonce par suite à prendre la parole à la séance.

M. DUROY DE BRUIGNAC est aux ordres de l'assemblée et de son Président, mais s'il ne peut disposer de vingt minutes pour répondre à ce que vient de dire M. Soreau, il demande à prendre la parole au commencement de la séance prochaine, alors que la question sera encore présente à l'esprit de tous.

M. CASALONGA voudrait au contraire que la discussion fût ajournée, car elle lui paraît très complexe ; il pense qu'il n'y aura pas seulement à examiner la question de la direction des ballons, mais encore celle des moteurs qui vient d'être soulevée par M. Soreau.

M. LE PRÉSIDENT estime que la discussion ne pourra s'ouvrir utilement que lorsque le mémoire de M. Soreau sera imprimé et entre les mains des membres de la Société, c'est-à-dire à la première séance d'avril.

M. DUROY DE BRUIGNAC dans ces conditions, vu l'heure avancée, ne posera qu'une seule question. Il demande à quelle époque auront lieu les essais du ballon auquel M. Soreau a fait allusion ; il sera intéressant de voir s'il atteindra la vitesse de 11 *m* annoncée, vitesse qui est, jusqu'ici, inconnue.

M. SOREAU répond que les essais auront lieu au printemps prochain : il croit à leur succès, mais ne peut le garantir, une avarie pouvant se produire et provenir de causes diverses. Mais en 1884 ne mettait-on pas en doute par avance le succès de MM. Renard et Krebs ? et pourtant après leur ascension on n'a pas pu contester le fait. D'ailleurs, quel que soit le sort des prochaines expériences, il a cru intéresser la Société en exposant devant elle le problème si attrayant de la navigation aérienne.

Séance du 17 février 1893

PRÉSIDENCE DE M. P. JOUSSELIN.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de M. de Ibarreta y Ferrer (Adolphe), ancien directeur des Chemins de fer de Lisbonne à Porto, des Chemins de fer Romains, des Chemins de fer de Tudela à Bilbao, de Bilbao à Durango et de Durango à Zummaraga, ancien chef de division au Ministère des Travaux publics et Ingénieur en chef des provinces basques; en dernier lieu Ingénieur en chef de première classe du corps des Ingénieurs des chemins, canaux et ports, membre de la Société depuis 1889.

M. LE PRÉSIDENT donne ensuite communication des programmes de divers concours qui doivent avoir lieu à l'École Diderot pour des emplois d'Ingénieur-directeur, dessinateur-mécanicien et chef-modeleur-mécanicien. Ces programmes, qui figurent au *Bulletin municipal officiel* de la Ville de Paris du 9 février, seront déposés à la Bibliothèque de la Société et au Secrétariat.

M. LE PRÉSIDENT dépose la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance, parmi lesquels il signale spécialement le travail de M. G. Jacquemin sur les levures, offert avec deux autres ouvrages par MM. Bernard et Cie. Il signale aussi l'album des photographies des membres de la Société offert gracieusement par MM. Guy et Mockel ; la liste de ces ouvrages est publiée plus loin.

M. LE PRÉSIDENT annonce que plusieurs membres de la Société ont fait abandon des bons souscrits par eux à l'emprunt de 1889. Ce sont : MM. Charton, 2 bons; Cottancin, 2 bons, et Chómienne, 1 bon; ensemble: cinq bons = 250 francs. M. le Président remercie les donateurs au nom de la Société. (*Applaudissements.*)

M. LE PRÉSIDENT informe la Société que M. Pontzen, nommé membre

du Jury du Prix Couvreux ne peut, à cause de ses nombreuses occupations, accepter ces fonctions. Il propose à l'assemblée, au nom du Comité, de nommer M. Mesureur, qui veut bien accepter ces fonctions. L'assemblée consultée adopte à l'unanimité la substitution.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Vallot pour résumer en quelques mots une lettre qu'il a reçue de M. Yankowsky postérieurement à l'analyse qu'il a présentée à la Société du mémoire de ce dernier.

M. H. VALLOT dit qu'il a reçu de M. P. Yankowsky une lettre relative au mémoire de notre collègue sur la *résistance des terrains sablonneux aux charges verticales*, ainsi qu'au résumé de ce mémoire présenté dans la séance du 4 novembre dernier.

Dans cette lettre, M. Yankowsky, après des remerciements très bienveillants pour l'auteur du résumé, répond à deux réserves que M. Vallot avait formulées comme conclusion à sa communication.

La première concernait le résultat en quelque sorte paradoxal, auquel conduit la théorie en question lorsque l'on y suppose $\varphi = 45°$ (talus naturel des matériaux considérés), car alors la résistance à l'enfoncement serait infinie. M. Yankowsky fait remarquer qu'il n'y a là rien de paradoxal, car la pierre concassée en remblai est seule susceptible de se soutenir sous un talus aussi raide, et l'expérience prouve, en effet, qu'elle présente une résistance considérable à l'enfoncement. D'ailleurs, en pratique, les remblais n'excèdent guère des talus de 38° à 40°.

En second lieu, M. Yankowsky reconnaît que les expériences qui lui ont servi de point de départ sont en nombre peut-être un peu restreint ; mais il insiste sur ce point, que son travail est surtout une étude théorique, et que c'est aux praticiens qu'il appartient d'en vérifier les conclusions par l'expérience.

D'ailleurs, M. Yankowsky a l'intention de poursuivre ses essais, particulièrement sur les matériaux ayant un talus naturel caractérisé par une valeur de φ assez élevée, comme par exemple, les sables mouillés. La Société accueillera certainement avec faveur les résultats nouveaux que M. Yankowsky voudra bien lui adresser sur cette intéressante question.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Vallot des observations qu'il vient de présenter et qui complètent son intéressante communication du 4 novembre dernier : elles figureront au procès-verbal.

M. HOUBIGANT devait faire une communication sur une *installation électrique particulière dans une usine;* empêché au dernier moment, il en a fait parvenir au Bureau le résumé dont M. Gassaud, secrétaire, donne lecture.

Cette installation a été faite dans la distillerie de MM. Frémy fils et C^ie^, à Chalonnes (Maine-et-Loire). L'insuffisance des moyens de chauffage d'usine nécessitait à elle seule un changement de chaudière ; d'autre part, le danger des foyers de lumière à combustion ne laissait qu'un travail de peu de durée pendant les courtes journées d'hiver. Il a suffi d'adopter une chaudière de dix-huit chevaux pour permettre un chauffage

satisfaisant et un éclairage sans danger : d'où suppression de tout chauffage complémentaire et autres avantages considérables.

Une partie de la vapeur ramenée à une pression réduite par un détendeur muni de soupape sert au chauffage des alambics et autres appareils de laboratoire ; l'autre partie, à la pression normale, met en mouvement une machine horizontale système Weyher et Richemond.

L'emploi de cette machine a permis de supprimer un manège qui précédemment actionnait une pompe destinée à l'alimentation, puisant l'eau dans la Loire et dans un puits spécial, et en même temps de faire mouvoir une dynamo employée à trois fonctions simultanées ou isolées suivant les cas, savoir :

1° Pendant le jour, transport d'énergie, à 100 *m* environ, pour la manœuvre d'une pompe à alcool, mue auparavant à bras d'homme ;

2° Charge de deux batteries d'accumulateurs ;

3° Et enfin, à la nuit tombante, éclairage de l'établissement composé de magasins, bureaux et salles diverses de la distillerie, ainsi que la maison d'habitation et autres dépendances.

L'éclairage se fait exclusivement par lampes à incandescence de 10, 16 et 32 bougies.

Il y a deux conduites principales : l'une va directement de la dynamo à la réceptrice, affectée à la manœuvre de la pompe à alcool, l'autre aboutit à quatre canalisations intermédiaires sur lesquelles se branchent les fils des lampes isolées ou par groupe. La dynamo fonctionne pendant le jour jusqu'à la fermeture de l'usine ; l'éclairage de la maison et des bureaux, s'il est nécessaire, est fait ensuite par les accumulateurs.

Un tableau de distribution avec ampèremètres, voltmètres et conjoncteur-disjoncteur automatique complète cette petite installation et sert de guide à la consommation. Comme sécurité, des coupe-circuit au départ des conduites principales et secondaires et des branchements évitent tout accident dans les câbles et les fils des divers diamètres.

La dépense totale de combustible est de 9 *kg* par heure, soit par jour 3,50 *f* de charbon pour cinquante lampes ; l'économie résultant de la suppression du manège et des deux hommes employés à la manœuvre des pompes à eau et à alcool suffit largement à parer à l'amortissement et aux frais généraux de l'installation : ce procédé d'éclairage est par suite très avantageux dans ces conditions.

M. le Président dit que d'après le plan communiqué par M. Houbigant l'installation est bien groupée, et, sauf le transport de force qui est exceptionnel, on peut la considérer comme une installation type pour une usine ordinaire. Il y a lieu de remercier M. Houbigant pour sa communication.

La parole est donnée ensuite à M. Aug. Doumerc pour sa communication *sur le Surchauffeur Schwœrer*.

M. Aug. Doumerc dit qu'il ne reviendra pas sur la théorie de la surchauffe, qui a été très complètement exposée par M. Thareau dans la séance du 18 mars 1892.

Il désire seulement faire connaître les résultats pratiques d'un sur-

surchauffeur construit par M. Schwœrer, Ingénieur à Colmar, d'après les principes établis par G.-A. Hirn, dont il a été le secrétaire.

Ce surchauffeur a déjà reçu de nombreuses applications dans des usines d'Alsace.

La Société alsacienne de Constructions mécaniques en a construit aussi un grand nombre dans son usine de Belfort, et les industriels des Vosges, du Doubs et de la Haute-Saône, chez lesquels ils sont installés, en font beaucoup de son emploi.

M. Doumerc rappelle que, dans ses expériences, G.-A. Hirn avait trouvé les nombres suivants :

Avec vapeur *saturée* :		Avec vapeur *surchauffée* :	
production de . .	10 650 *kgm*	production de . .	11 141 *kgm*
par	241,28 calories	par	211,7 calories
soit	41,64 par calorie.	soit	52,62 par calorie.

Le rapport de ces nombres est :

$$\frac{52{,}62 - 41{,}64}{52{,}62} = 0{,}21.$$

Les résultats obtenus dans la pratique industrielle s'écartent fort peu de ces chiffres.

M. Doumerc cite à l'appui les constatations faites par M. Walter-Meunier dans plusieurs usines d'Alsace et celles qui ressortent de l'expérience faite à l'usine même de Belfort.

Ces tableaux figureront au *Bulletin* de la Société.

En terminant, M. Doumerc exprime la pensée que, dans le plus grand nombre des cas, l'adjonction d'un surchauffeur sera considérée comme une annexe indispensable par les industriels désireux d'obtenir une utilisation rationnelle et complète de leurs générateurs de vapeur.

M. le Président remercie au nom de la Société M. Doumerc de son intéressante communication. Elle touche à une question très grave en ce moment, l'augmentation de production de vapeur dans les usines, surtout dans celles qui sont un peu à court comme les usines d'Alsace. Les expériences citées sont remarquables et d'accord avec celles de Hirn.

M. Tranchant dit que les résultats communiqués par M. Doumerc viennent à l'appui de ce qu'il avait dit l'an dernier au sujet de l'économie que permettent de réaliser les surchauffeurs. Les nombres fournis relativement au surchauffeur Schwœrer sont à peu près les mêmes que ceux donnés déjà pour le surchauffeur Uhler. M. Walter Meunier a trouvé avec ce dernier des nombres tout à fait analogues, soit une économie de 22 à 23 0 0. Dès maintenant, les avantages de la surchauffe paraissent bien établis : elle doit donner surtout des économies considérables partout où le charbon est cher, notamment dans l'industrie métallurgique, et plus spécialement dans l'industrie de l'éclairage électrique; cette industrie est obligée, en effet, d'acquitter à Paris un droit spécial sur le charbon, ce qui en augmente le prix : celui-ci est en moyenne de 35 *f* la tonne et va jusqu'à 50 et 41, lorsque le charbon est ap-

M. Thareau demande à compléter par un mot ce qu'il a dit l'an dernier du surchauffeur Uhler : cet appareil a reçu tout récemment de MM. Grouvelle et Arquembourg de très importants perfectionnements depuis qu'ils le construisent et qu'ils ont acquis le droit de l'exploiter.

Précédemment, le surchauffeur Uhler était formé d'une caisse en fonte séparée en deux parties par une cloison et dans laquelle étaient vissés des tubes Field.

Cette caisse en fonte était relativement lourde et difficile à fondre; elle présentait en outre des formes peu favorables pour résister aux pressions de vapeur. MM. Grouvelle et Arquembourg ont remplacé cette caisse par une série de collecteurs qui donnent toutes garanties de sécurité. Ils en mettent le nombre nécessaire pour obtenir la surface de chauffe voulue ; ces collecteurs sont réunis les uns avec les autres par des tuyaux avec joints un peu différents de ceux présentés par M. Doumerc : c'est un joint à dilatation avec bague à surface sphérique.

De plus, dans l'ancien surchauffeur Ulher, la vapeur, en entrant dans le faisceau de tubes, trouvait un élargissement de section ; par suite, diminution de vitesse, condition défavorable pour la transmission de la chaleur. MM. Grouvelle et Arquembourg ont remédié à cette imperfection en diminuant les sections de façon que la vitesse tende au contraire à augmenter, ce qui permet de chauffer moins pour obtenir le même degré de surchauffe.

M. Thareau croit que l'appareil Uhler, modifié par MM. Grouvelle et Arquembourg, rendra de grands services à l'industrie ; les résultats qu'il fournit sont analogues à ceux que vient de citer M. Doumerc.

M. LE PRÉSIDENT ayant demandé si l'emploi du surchauffeur ne crée pas de conditions spéciales dans le corps des chaudières, M. Doumerc répond ne pas s'en être aperçu.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Michelin ; mais avant de lui donner la parole, M. le Président désire l'accorder pour un instant à M. Lencauchez qui demande à présenter à la Société *une brique de magnésie d'Eubée*.

M. LENCAUCHEZ rappelle que, dès 1869, le regretté président de la Société, M. Émile Muller, fit venir de la magnésie d'Eubée et en forma des briques et qu'il proposa alors une méthode de déphosphoration analogue à celle imaginée plus tard (1); mais la guerre étant survenue, il abandonna la question et n'en a plus reparlé, bien qu'il eût fait dès cette époque quelques briques qui, d'ailleurs, laissaient à désirer au point de vue de l'homogénéité.

M. Lencauchez indique que la question fut reprise vers 1872 par M. Tessié du Motay qui fit des briques de magnésie d'une assez bonne tenue, mais qui cependant se gerçaient un peu, et qu'enfin il s'en occupa lui-même en 1874 à l'occasion de son étude sur la déphosphoration des aciers ; mais il croyait à cette époque la magnésie fort rare et, par suite, d'un prix élevé. En 1875, M. Gruner, dans le remarquable ouvrage qu'il fit paraître à ce moment, proposa la dolomie comme succédanée de la

(1) Brevet du 12 mars et addition du 17 mars 1869.

magnésie et l'on fit effectivement des briques en dolomie ; mais l'on fut très surpris de la difficulté de calcination et aussi du retrait considérable qui était observé : des briques d'un décimètre cube à l'état cru étaient réduites, après cuisson, à 150 cm^3, soit 1/7 environ de leur volume primitif.

La cause principale de la mauvaise tenue des briques de magnésie était la température insuffisante de cuisson, en sorte qu'utilisées à la construction des voûtes de fours, elles continuaient à éprouver du retrait et se brisaient ; en parois verticales, on arrivait à constater des joints énormes, et on ne pouvait arriver à faire tenir des voûtes.

M. Lencauchez présente à la Société une brique de magnésie, telle qu'on les fabrique aujourd'hui à Eubée, grâce aux travaux de M. Negris, actuellement Ingénieur des mines en Grèce, ancien élève de l'École Polytechnique de Paris.

Ces briques ont une grande perfection de forme et une densité considérable, 2,64 ; c'est la même que celle du granit commun, 2,65. A cet état, il n'y a plus à craindre de retrait et ces briques peuvent très bien former des voûtes.

Pour arriver au degré de cuisson voulu, qui est celui de fusion du platine, on se sert d'un four Hoffmann. Tout d'abord on avait voulu se servir de briques en terre réfractaire venant d'Allemagne, mais la calcination était insuffisante et le four coulait. On s'est décidé à faire un revêtement intérieur en briques de silice dite de Dinas et enfin en briques de magnésie : les compartiments du four ont été réduits de façon à se loger dans les anciens compartiments du four. On a laissé un vide de 0,22 *m*, qui permet aux deux voûtes de se dilater librement et on évite ainsi les changements brusques de température ; au bout de quelques jours de marche, la température est presque aussi élevée à l'extérieur qu'à l'intérieur. M. Negris a un four qui a six mois de fonctionnement et dont les parois et les voûtes sont parfaitement intactes.

Avec de pareils matériaux on pourra, dans les fours d'affinage, dépasser les températures obtenues jusqu'à ce jour, car on est forcément limité aujourd'hui à la température où les briques à 99 et 99,5 0/0 de silice commencent à couler.

Or, les très hautes températures sont nécessaires pour obtenir un acier doux soudable ; cela est particulièrement important pour les tubes en acier pour chaudières tubulaires pour la marine et pour les locomotives ; et actuellement les usines n'osent pas prendre l'engagement de fournir de l'acier soudable. Avec les briques de magnésie, il n'y a pas de doute que l'on puisse élever la température des fours, dits fours Martin, de façon à obtenir facilement de l'acier soudable. La bonne tenue de ces briques ne paraît plus contestable à M. Lencauchez après l'expérience qu'il vient de rappeler d'un four qui fonctionne depuis six mois.

M. Lencauchez ajoute qu'il a tenu à faire une communication à la Société au sujet des nouvelles briques de magnésie pour établir qu'il était inexact de dire que la magnésie, vu sa grande porosité, boirait les scories et le métal ; avec ces nouveaux matériaux qui ont la densité du granit, on pourra produire l'acier doux soudable qu'on ne peut encore obtenir d'une façon courante.

M. Regnard précise que les essais de M. Tessié du Motay ont commencé avant 1870 et qu'il était arrivé à agglomérer la magnésie de manière à avoir un produit qui avait presque la densité de celui-ci. Il possède encore des petits fours ayant servi à des opérations pendant 48 heures jusqu'à température de fusion du platine, obtenue à l'aide du chalumeau, sans que ces fours fussent abîmés.

M. Lencauchez dit qu'on n'était arrivé qu'à une densité de briques de 2,40 et non 2,60 comme aujourd'hui.

M. Regnard dit que ce n'est que deux ans plus tard, en 1871, que M. Tessié du Motay fit des briques de magnésie aux usines de Commines et à celles de Terrenoire, et cela dans d'assez bonnes conditions pour y obtenir le premier acier déphosphoré; toutefois, elles n'avaient pas le degré de perfection de celle présentée par M. Lencauchez, qui est admirable comme moulage et comme homogénéité.

M. Regnard voudrait seulement connaître le prix de revient de ce produit ou, si c'était trop indiscret, le prix de vente.

M. Lencauchez répond qu'il n'aurait pas voulu mêler à une question scientifique une question simplement commerciale; mais puisqu'on insiste, il dira que le prix est de 135 *f* la tonne; mais c'est un prix de tarif susceptible de réduction.

On est arrivé à ne dépenser qu'une tonne de combustible par tonne de briques, alors que, pour la dolomie, il faut 5 *t* de combustible par tonne de briques. A la température à laquelle se fait la cuisson, la silice fond avec la même facilité que le fer.

M. Regnard dit que le même fait s'est produit à Commines, où, à maintes reprises, on a obtenu la fusion de voûtes en briques de Dinas à 97,5 0/0 de silice.

M. le Président remercie MM. Lencauchez et Regnard des renseignements très intéressants qu'ils viennent de fournir à la Société, et il donne la parole à M. Michelin, pour sa communication sur *le bandage pneumatique appliqué aux roues des véhicules légers et les conséquences de ses diverses applications,*

M. Michelin dit tout d'abord qu'il limitera sa communication à la question des vélocipèdes et à l'application du bandage pneumatique à ces seuls véhicules.

Il explique qu'il ne faudrait pas croire qu'il a voulu simplement distraire la Société en l'entretenant d'un sujet frivole, question de mode destinée à passer, mais, au contraire, appeler son attention sur une industrie naissante qui, depuis trois ans, a pris un développement exceptionnel et qui est destinée à acquérir une importance plus grande encore.

M. Michelin énumère les données statistiques relatives à cette industrie d'après les indications qui lui ont été obligeamment fournies par M. le Président de la Chambre syndicale des vélocipèdes. (Tous ces nombres figureront au *Bulletin*.)

L'importation vélocipédique, tant en pièces détachées qu'en machines finies, a été, en 1891, de 10 à 12 millions de francs. En 1892, malgré les

tarifs protecteurs (par 100 *kg*, 250 *f* au tarif maximum et 220 *f* au tarif minimum), les importations se sont élevées à 7 168 288 *f* pour 573 463 *kg* et les exportations, par suite de l'insuffisance de notre production, n'a été que de 1 222 374 *f* pour 119 238 *kg*. Il y a lieu d'espérer que, grâce à la protection et grâce surtout au goût français, nos constructeurs arriveront à faire des machines aussi parfaites comme construction que les machines anglaises, mais bien supérieures au point de vue de l'aspect, de l'élégance et du fini.

On estime qu'il y a en France actuellement 300 000 vélocipèdes : on sera, du reste, exactement fixé à ce sujet dès que l'impôt sur ces véhicules aura été voté. On compte qu'il y en a 30 000 environ à Paris : l'année dernière seulement, on a délivré 12 000 cartes de circulation, et tous les cyclistes n'en possèdent pas. On pense vendre en France cette année plus de 50 000 machines.

En Angleterre on fabrique, tant pour l'exportation que pour la consommation intérieure, 120 000 à 130 000 machines complètes, sans parler des pièces détachées exportées en très grandes quantités. La ville de Coventry seule y occupe, d'un bout de l'année à l'autre, 15 000 ouvriers travaillant spécialement le vélocipède.

Il a été délivré en France 1 552 brevets d'invention relativement aux vélocipèdes, de l'année 1866 au mois d'octobre 1892; un certain nombre avant la guerre, presque aucun ensuite jusqu'en 1879, une trentaine par an de 1880 à 1888; mais la fièvre de l'invention ne date que de 1889, et l'on arrive ainsi à 350 brevets ou certificats d'addition en 1891 et 477 de janvier à octobre 1892.

En Angleterre, il en a été délivré 325 en moyenne pendant chacune des années 1890 et 1891 et un plus grand nombre en 1892.

M. Michelin soutient que, si la vélocipédie entre dans les mœurs, c'est qu'elle constitue un véritable progrès susceptible d'utilisation sérieuse et définitive. En effet, dit-il :

1° A la courte distance d'un mille, un homme sur un vélocipède est arrivé à battre le premier trotteur de l'époque.

2° Un homme sur un vélocipède est arrivé à faire, en soixante et onze heures, 1 200 *km*, tandis que, dans ce laps de temps, un même cheval n'a pu fournir que 550 à 600 *km*, et qu'un homme pouvant changer de cheval n'a guère pu dépasser 900 *km*.

On voit par les tableaux présentés par M. Michelin que, pour la distance de 1 mille, la bicyclette vient en quatrième ligne, après le chemin de fer, le traineau à voile, le cheval de course au galop, mais avant le cheval de course au trot, le torpilleur, le yacht, le patin, le transatlantique, le coureur à pied et le rameur.

Les motifs de la puissance de locomotion du vélocipède sont les suivants :

1° Le cycliste, d'un mouvement de jambe, fait trois fois plus de chemin que le marcheur.

2° Cette vitesse triple peut être maintenue plus longtemps sans fatigue.

Il est absolument faux, d'après M. Michelin, que le vélocipède soit plus fatigant que la marche. En voici le motif : le marcheur est debout;

son effort se décompose en deux : l'effort de stationnement, l'effort de propulsion.

Le cycliste est assis, ses jambes ne le portent pas, elles servent uniquement à la propulsion : « le vélocipédiste est un homme assis en voiture qui fait travailler ses jambes. »

M. Michelin passe ensuite à l'étude de l'outil ; il explique que le poids de la machine joue dans la vitesse un rôle très important ; on est arrivé à faire des bicyclettes qui pèsent le dixième du poids du coureur, et la fabrication est loin d'avoir dit son dernier mot. Un élément mécanique également très important, c'est le frottement des essieux sur les coussinets, remplacé par le roulement de billes entre le moyeu et le coussinet.

Mais l'élément le plus intéressant, le plus nouveau de la machine, c'est le mode de suspension, c'est *le bandage pneumatique*. L'orateur explique que tout d'abord, on a cherché à éviter le patinage de la roue motrice et la trépidation résultant des aspérités du sol, en garnissant les roues de caoutchouc ; puis, on a remplacé le caoutchouc plein par le caoutchouc creux ; maintenant, on emploie le bandage pneumatique.

M. Michelin montre ce qu'est le pneumatique et décrit les principaux types de ce bandage. Il explique que l'élasticité est obtenue, à peu près sans perte de force, par ce système qui permet de dire que « le cycliste roule sur de l'air, à deux centimètres au-dessus des obstacles de la route ».

Les résultats sont : 1° la suppression des vibrations si fatigantes pour le coureur et pour la machine ; 2° la grande atténuation des chocs : 3° l'augmentation de 10 0/0 de la vitesse sur les petites distances, augmentation beaucoup plus forte sur les grandes.

Après avoir décrit les éléments divers du bandage pneumatique, M. Michelin indique les différents procédés employés pour réparer les fuites. On peut notamment, à l'aide d'une seringue, injecter par la plaie, dans l'intérieur de la chambre à air, une pâte qui vient boucher les trous.

Puis il parle des increvables à mailles d'acier, qui ont donné jusqu'ici de déplorables résultats, — des chambres à air auto-réparables à parois auto-obturatrices.

Il signale spécialement, comme donnant des résultats satisfaisants, la chambre à air à parois multiples, venant d'elle-même obturer les trous faits, et établie de telle sorte que, si une pointe perfore accidentellement le pneumatique de part en part, les parois ne peuvent retomber dans leurs situations initiales, et les trous successifs ne concordant plus, la fuite se trouve par cela même arrêtée.

M. Michelin expose ensuite qu'à son avis l'exercice du vélocipède est excellent pour la santé à beaucoup de points de vue : il produit la décongestion des intestins et des organes contenus dans le torse ; facilite la circulation du sang sans avoir, comme le cheval, la course violente, ou les ascensions, l'inconvénient de déterminer de brusques déplacements de la colonne sanguine et par suite des chocs sur le cœur ; enfin, il fortifie les bras, mais surtout les jambes.

Après quelques mots sur la vélocipédie considérée au point de vue sportif, sur les courses sur routes, qui apprennent aux jeunes gens à se reconnaître la nuit dans des pays inconnus, à lire les cartes, à prendre

soin d'eux et de leur machine, pour arriver à un but déterminé dans le minimum de temps possible, il explique comment on organise une course sur route, quel est le rôle des entraineurs, qui soignent le coureur, l'empêchent de dormir, etc.

Enfin, conclut M. Michelin, la vélocipédie est, et sera de plus en plus, le grand économiseur de temps : quand l'homme marche, il se porte lui-même ; quand il va en bicyclette, il se roule lui-même. C'est donc le remplacement de ce primitif moyen de transport, le portage, par le roulement. Et il ajoute que, si l'on veut se rendre compte de l'avenir de la vélocipédie, il suffit de compter le nombre des civières qui peuvent exister en France, et le comparer au nombre des brouettes.

La civière, c'est l'homme qui marche.

La brouette, c'est le cycliste.

M. le Président remercie vivement M. Michelin de son intéressante et spirituelle communication, qui est pleine de documents et de renseignements instructifs.

On comprend qu'il puisse y avoir neuf cents brevets au sujet des bandages de roue lorsqu'on a écouté sa communication et qu'on s'est rendu compte de la complication de la question.

Il regrette toutefois qu'un mot n'ait pas été dit au sujet des vélocipèdes à vapeur.

M. Anthoni dit qu'il croit à la possibilité d'appliquer le bandage pneumatique aux roues des voitures de luxe. Le bois seul n'étant pas suffisamment élastique, comme l'indique l'examen des cassures d'essieux ayant un long service, qui présentent l'aspect d'une cassure sciée ; il s'occupe en ce moment de chercher à faire l'isolement de la roue, non seulement par le bandage, mais encore par le moyeu en employant un moyeu métallique isolé de la boîte.

M. Anthoni a l'intention de communiquer ses travaux à la Société dans quelque temps, mais il ne peut les faire connaître en ce moment.

M. Michelin a l'intention d'entreprendre l'étude de l'utilisation des bandages pneumatiques aux voitures de luxe, mais il croit qu'il faudrait tout d'abord étudier la question de la diminution du poids mort de ces véhicules qui lui paraît tout à fait excessif ; le poids mort des voitures de chemins de fer est bien plus considérable encore.

Il précise quelle est d'ordinaire la pression de l'air dans les bandages pneumatiques des bicyclettes. Cette pression doit varier suivant la nature de la route à parcourir : sur une piste cimentée, la pression sera de 2,5 *kg* pour la roue avant et de 3 *kg* pour la roue arrière, mais elle sera beaucoup plus faible, de manière à atténuer les trépidations, lorsqu'on doit rouler sur un chemin inégal, sur une chaussée pavée, par exemple.

M. G. Richard tient à faire remarquer que les constructeurs de vélocipèdes ont résolu, dans des conditions particulièrement difficiles, un problème de mécanique générale des plus importants : c'est celui de la rotation des essieux sur billes vainement cherché depuis l'origine des chemins de fer.

Aux Etats-Unis, il y a aujourd'hui un certain nombre de voitures de

tramways électriques où l'on a appliqué avec succès les essieux montés sur billes et rouleaux (1). La question ne doit donc pas être abandonnée par les Ingénieurs des chemins de fer qui pourraient, malgré la position tout autre du problème, étudier avec intérêt ce point particulier du mécanisme des vélocipèdes, et utiliser peut-être quelques-unes des solutions adoptées.

M. Thareau rappelle qu'il y a quelques années M. Suc avait imaginé des roues à billes, mais d'un type tout spécial ; les billes n'étaient plus autour de l'axe, mais se trouvaient à la jante (2).

M. Anthoni fait remarquer que ces roues Suc ne peuvent fonctionner convenablement dès qu'il y a de la boue. Il croit que la construction de roues à billes pour véhicules lourds présente des difficultés, mais qu'on pourra réussir en employant des corps ayant une grande dureté de surface, comme l'acier trempé, par exemple.

Il rappelle qu'il y a quarante ans déjà son père a construit, pour le chemin de fer de Paris à Sèvres, une roue analogue à la roue à billes, une roue à rouleaux.

M. le Président remercie MM. Anthoni, G. Richard et Thareau de leurs observations.

La séance est levée à 10 heures et demie.

(1) Notamment celles de *Brill*, *Salisbury*, *Tripp* et *Short*. Les roulements sur billes, galets ou cylindres sont d'ailleurs beaucoup plus usités aux Etats-Unis que chez nous, notamment dans les machines-outils *Warner*, *Simonds*, *etc.*, les machines agricoles, les paliers de butée (butée *Brownell*, écrou *Lieb*), etc. Il convient de rappeler, parmi les premières applications françaises, celles de *Cambon* (machines agricoles, paliers, etc.), et de *Bourdon* (vis sans fin), ainsi que celles de *Hawkins* et *Carver* en Angleterre et de *Jensen* en Allemagne.

(2) *Bulletin des Arts et Métiers*, avril 1886, p. 228.

LE SURCHAUFFEUR DE VAPEUR

SYSTÈME E. SCHWŒRER

PAR

M. Auguste DOUMERGUE

Dans la séance du 18 mars 1892, notre collègue, M. Thareau, nous a fait une intéressante communication sur la vapeur surchauffée et sur le surchauffeur à foyer indépendant de M. L. Uhler, construit selon les principes établis par M. G. H. Hirn.

De son côté, M. Raffard a publié, dans le *Bulletin technologique des Anciens Élèves des Arts et Métiers*, une note, dans laquelle il donne l'historique de la surchauffe, dont il attribue la première idée à un mécanicien du nom de Becker, qui habitait Strasbourg en 1827.

Aujourd'hui, sans revenir sur la théorie de la surchauffe, parfaitement exposée par M. Thareau, ni sur les questions de priorité qui ont été soulevées, je voudrais signaler à l'attention de la Société un nouvel appareil surchauffeur de vapeur, dû à M. Émile Schwœrer et appelé, selon moi, à un sérieux avenir, à raison des avantages qu'il présente (1).

M. Schwœrer, s'inspirant, comme M. L. Uhler, des remarquables travaux de M. Hirn, dont il a été secrétaire particulier, a repris et étudié la question de la surchauffe. Les perfectionnements qu'il a fait subir à l'appareil de M. Hirn ont porté surtout sur la réduction de l'encombrement et l'augmentation de la résistance à la chaleur de ce surchauffeur, qui est devenu entre ses mains un appareil capable de répondre à toutes les exigences de l'industrie actuelle.

Description de l'appareil.

Le surchauffeur Schwœrer se compose essentiellement d'éléments en fonte, à surfaces multiples, les unes extérieures, pour

(1) Voir pl. 87.

mieux absorber la chaleur des gaz et de la fumée provenant du foyer de la chaudière, les autres intérieures, pour offrir à la vapeur qui circule dans ces éléments la plus grande surface d'échauffement possible.

Vous avez sous les yeux un dessin représentant un élément du surchauffeur Schwœrer (1), ainsi que le mode de jonction des tubes entre eux. Vous remarquerez que le joint est fait au moyen d'une bague tournée en acier doux (2) et de mastic de fonte d'une composition spéciale, appliqué à l'état pâteux entre les surfaces annulaires serrées ensuite par des boulons. Ce joint présente une résistance parfaite à la chaleur et tout l'ensemble peut se dilater librement.

Je me permets d'insister sur cette question du joint, qui a été longtemps une difficulté insurmontable dans la construction des surchauffeurs en fonte et se trouve aujourd'hui complètement résolue. Sur un millier de ces joints actuellement en fonctionnement, aucun n'a encore donné lieu à réparation.

Il va sans dire que les tuyaux sont, avant leur mise en marche, essayés à la presse à des pressions supérieures de 20 à 30 *kg* à celle à laquelle on doit travailler, et que la sécurité, ainsi que la durée, peuvent être considérées comme illimitées.

Les faisceaux de ces tubes de fonte ainsi constitués forment une sorte de serpentin que parcourt la vapeur prise sur le dôme de la chaudière avant d'aller rejoindre la conduite principale de la machine.

Le mode de chauffage des tubes varie suivant les circonstances, mais peut se ramener à deux types principaux.

Le plus usité dans nos usines de l'Est, où la grande généralité des chaudières est du système à bouilleurs, consiste à placer les tubes horizontalement dans des carneaux sous les bouilleurs. A cet effet, l'ouverture par laquelle les gaz chauds s'élèvent dans le carneau du corps de chaudière est, dans la plupart des cas, fermée par un registre, et c'est après avoir circulé autour du surchauffeur — en double parcours — que les gaz remontent dans le carneau du corps principal pour se diriger vers le réchauffeur ou la cheminée. Tel est cet appareil dans son ensemble. Les croquis que voici représentent cette disposition, qui offre de grands avantages (3).

(1) Pl. 87, Fig. 1, 2 et 3.
(2) Pl. 87, Fig. 4.
(3) Pl. 87, Fig. 5, 6 et 7. Disposition du surchauffeur sous une chaudière semi-tubulaire. — Fig. 8, 9 et 10. Disposition sous une chaudière à bouilleurs.

En effet, la marche du surchauffeur, rendue ainsi solidaire de celle de la chaudière, n'exige ni surveillance spéciale ni supplément de personnel, et je crois que cette disposition doit être recommandée toutes les fois que la forme des chaudières s'y prête et que celles-ci ne sont pas placées trop loin de la machine à vapeur.

La mise en place et le montage peuvent s'effectuer en peu de temps et sans arrêt de travail, si les chaudières adjacentes offrent une production de vapeur suffisante pour permettre de se passer momentanément de l'une d'elles.

Un point essentiel, sur lequel il est bon d'insister, c'est que cet appareil est applicable — et a été appliqué — à presque tous les systèmes de chaudières : chaudières à foyer intérieur, chaudières tubulaires, semi-tubulaires, etc. Sa construction permet aisément toutes les modifications qu'entraîne la disposition des chaudières auxquelles il s'agit de l'appliquer. En outre, il tient peu de place, puisqu'il se trouve disposé, dans le massif de briques, à un endroit généralement non utilisé.

Lorsqu'on veut, au contraire, employer le surchauffeur dans les usines alimentées par des chaudières multitubulaires (systèmes de Naeyer, Belleville, etc.), ou lorsqu'une distance trop grande sépare les chaudières de la machine à vapeur, il est préférable d'avoir recours à un foyer indépendant.

Dans ce cas, les tubes sont généralement placés verticalement, de façon à permettre leur libre dilatation, et séparés du foyer par une cloison destinée à les garantir du coup de feu direct. Voici un dessin représentant ce dispositif (1) :

Le foyer de ce surchauffeur est un foyer dit à longue durée, c'est-à-dire qu'une fois ce foyer chargé, le chauffeur n'a plus à s'en occuper durant plusieurs heures consécutives. A cet appareil peut être appliqué un régulateur de température, afin de rendre constante et uniforme la température de la vapeur surchauffée.

Tel est le double système Schwœrer, déjà éprouvé par des centaines d'applications.

J'ai eu l'occasion de voir fonctionner cet appareil dans un grand nombre d'usines en Alsace ; nous en avons deux en service dans l'usine de Belfort, et, depuis un an, cette même usine en a construit et installé une vingtaine dans la région des Vosges, de la Haute-Saône et du Doubs.

(1) Pl. 87, Fig. 11, 12, 13, 14 et 15.

Les résultats que ce surchauffeur donne dans la pratique sont des plus satisfaisants, et je vous demande la permission de vous donner quelques chiffres à l'appui de mon assertion.

Auparavant, je rappellerai en deux mots les résultats auxquels les expériences de Hirn l'avaient conduit.

Toutes choses égales d'ailleurs, il avait trouvé, en employant la vapeur surchauffée, une production de 11 141 *kgm* avec un emploi de 211,7 calories, soit 52,62 *kgm* par calorie;

Et avec la vapeur saturée, 10 050 *kgm* avec 241,32 calories, soit 41,64 *kgm* par calorie.

Le rapport de ces deux nombres est de

$$\frac{52{,}62 - 41{,}64}{52{,}62} = 0{,}21.$$

Voyons, dans la pratique industrielle, quels résultats ont été obtenus.

Les premiers essais dont j'ai à vous parler ont été faits par M. Walther-Meunier, Ingénieur en chef de l'*Association Alsacienne des Propriétaires d'appareils à vapeur*.

1er essai (filature de Horsbourg).— La batterie de chaudières qui a servi aux études de M. Schwœrer se composait de quatre chaudières à bouilleurs pourvues d'un réchauffeur Green de 168 tubes.

Pour la marche *avec* surchauffe, on a employé deux chaudières représentant 91,40 m^2 de surface de chauffe pour une surface de grille de 4,34 m^2.

Pour la marche *sans* surchauffe, il fallut adjoindre aux deux précédentes une troisième chaudière, la machine n'arrivant pas à son nombre de tours normal, ce qui porta à 138,10 m^2 la surface de chauffe de générateurs et à 6,51 m^2 la surface de grille.

La houille employée était de provenance belge (Bourbier) avec 7 0/0 d'humidité.

La machine était du type vertical Woolf à balancier. Ci-joint le tableau comparatif des deux marches avec et sans surchauffe.

1° Chaudières.

		MARCHE avec SURCHAUFFE	MARCHE sans SURCHAUFFE
Brûlé brut pendant l'essai, allumage compris. . . .	*kg*	3 262	4 430
Scories et cendres, poids total.	*kg*	470	704
— pour 100 *kg* de houille.	*kg*	14,4	15,9
Houille pure	*kg*	2 792	3 726
Durée de l'essai.		11h	11h10
Brûlé brut, par heure et par mètre carré de surface . . . . . de chauffe.	*kg*	3,25	2,87
. . . . . de grille. .	*kg*	68,25	60,95
Production de vapeur par heure et par mètre carré de surface de chauffe.	*kg*	23,50	18,03

2° Machines.

		MARCHE avec SURCHAUFFE	MARCHE sans SURCHAUFFE
Puissance moyenne indiquée en HP.	*ch*	276,22	277,59
Consommation par cheval indiqué-heure, vapeur. .	*kg*	7,77	8,96
Id. id. (allumage compris) houille brute.	*kg*	1,073	1,429
Id. id. id. houille pure.	*kg*	0,918	1,202

Dans cet essai, l'économie de *houille* due à l'emploi de la vapeur surchauffée qui arrivait au petit cylindre à la température de 222° a donc été :

$$(1{,}429\ kg - 1{,}073\ kg) = 0{,}356\ kg \text{ ou } 24{,}9\ 0/0.$$

2e *essai* (filature de jute de Bischwiller). — La batterie de chaudières se composait de quatre chaudières à corps cylindrique et à trois bouilleurs.

Trois des chaudières à bouilleurs, représentant une surface de chauffe de 141 m^2, pourvues d'un réchauffeur Green de 256 m^2 — soit en tout 397 m^2 pour une surface de grille de 7 m^2 — ont suffi pour travailler *avec* surchauffe.

Pour le travail *sans* surchauffe, il a fallu employer une quatrième chaudière pour pouvoir maintenir la vitesse de régime des moteurs, ce qui a porté la surface de chauffe totale à 444 m^2 pour une surface de grille de 9,60 m^2.

La houille employée était de la Griesborn III à 11,40 *f.*

Les machines étaient : une compound à soupapes et une Corliss à un cylindre, travaillant sur le même arbre. Le tableau suivant rend compte de la marche de l'essai ;

1° Chaudières.

		MARCHE avec SURCHAUFFE	MARCHE sans SURCHAUFFE
Brûlé brut pendant l'essai, allumage compris. . . .	*kg*	7 947	9 856
Scories et cendres, poids total.	*kg*	1 026	1 419
Id. pour 100 *kg* de houille	*kg*	12,91	14,39
Houille pure	*kg*	6 921	8 437
Durée de l'essai.		10h19	10h24
Brûlé brut, par heure et par mètre carré de surface . . . . . de chauffe.	*kg*	5,46	5,04
Brûlé brut, par heure et par mètre carré de surface . . . . . de grille. .	*kg*	106.90	98,68
Production de vapeur par heure et par mètre carré de surface de chauffe	*kg*	31,63	29,19

2° Machines.

		MARCHE avec SURCHAUFFE	MARCHE sans SURCHAUFFE
Puissance moyenne indiquée en HP.	*ch*	564,10	553,64
Consommation par heure et cheval indiqué, vapeur.	*kg*	7,9063	9,9132
Id. houille (allumage compris), poids brut.	*kg*	1,3655	1,7117
Id. id. id. poids net.	*kg*	1,1892	1,4653

L'économie due à l'emploi de la vapeur surchauffée, alors que celle-ci arrivait à la machine à la température moyenne de 222°, était donc pour la vapeur de 20, 24 0/0.

Pour la houille, elle était de :

$$(1{,}7117\ kg - 1{,}3655\ kg) = 0{,}3462\ kg \text{ ou } 20{,}22\ 0/0.$$

3e essai (usine N. Kœchlin à Massevaux). — La batterie de chaudières se composait de trois chaudières à bouilleurs, munies de surchauffeurs Schwœrer, avec réchauffeur Green de 192 tubes et deux réchauffeurs ordinaires de 23 m^2, ce qui représentait une surface de chauffe productrice de 106,50 m^2 et une surface de chauffe totale de 321,50 m^2 pour une surface de grille de 5,34 m^2.

Le premier jour d'essai a été consacré à la marche *avec* sur-

chauffe ; le jour suivant on a travaillé *sans* surchauffe, avec le secours obligé d'une quatrième chaudière, ce qui porta la surface de chauffe totale à 364,80 m^2 et la surface de grille à 7,39 m^2.

La machine était une Corliss neuve, la houille provenait de Ronchamp. Voici la marche et les résultats de l'essai :

1° Chaudières.

		MARCHE avec SURCHAUFFE	MARCHE sans SURCHAUFFE
Brûlé brut pendant l'essai, allumage compris . . .	*kg*	3 839	4 828
Scories et cendres, poids total	*kg*	680	826
Id. pour 100 *kg* de houille	*kg*	17,70	17,10
Houille pure	*kg*	3 159	4 002
Durée de l'essai.		11h30	11h30
Brûlé brut, par heure et par mètre carré de surface . . . . . de chauffe.	*kg*	3,13	2,80
Brûlé brut, par heure et par mètre carré de surface . . . . . de grille. .	*kg*	62,60	56,56
Production de vapeur par heure et par mètre carré de surface de chauffe	*kg*	20,71	17,90

2° Machines.

		MARCHE avec SURCHAUFFE	MARCHE sans SURCHAUFFE
Puissance moyenne indiquée en HP	*ch*	308,87	310,27
Consommation par heure et cheval indiqué, vapeur.	*kg*	7,136	8,641
Id. houille (allumage compris), poids brut.	*kg*	1,080	1,353
Id. id. id. poids net.	*kg*	0,889	1,121

Dans cet essai, l'économie résultant de la surchauffe de la vapeur, celle-ci arrivant à 221°,5 dans la machine, était en vapeur de 17,41 0/0.

En houille pure, elle était de *20,69 0/0*.

4e essai (filature de soie à Colmar). — Je mentionnerai encore un essai fait exclusivement au point de vue de l'économie de la houille.

La surface de chauffe productrice (chaudière à trois bouilleurs) était de 49,50 m^2 ; la surface de chauffe des deux réchauffeurs latéraux était de 28,84 m^2, soit au total 77,75 m^2 pour une surface

de grille de 2,84 m^2 ; le tout marchant *avec* surchauffe le premier jour d'essai et *sans* surchauffe le jour suivant. Les moteurs étaient horizontaux à deux cylindres jumelés et à enveloppe de vapeur.

La houille brûlée (Hasard à 22 *f*) était au même degré de siccité pour les deux expériences dont voici la marche et les résultats ;

1° Chaudières.

		MARCHE avec SURCHAUFFE	MARCHE sans SURCHAUFFE
Brûlé brut pendant l'essai, allumage compris . . .	*kg*	1 636,60	2 083
Scories et cendres, poids total	*kg*	128,30	182,70
Id. pour 100 *kg* de houille	*kg*	7,84	8,73
Houille pure	*kg*	1 508,30	1 900,30
Durée de l'essai		11h30	11h30
Brûlé brut, par heure et par mètre carré de surface . . . . . de chauffe.	*kg*	2,87	3,65
Brûlé brut, par heure et par mètre carré de surface . . . . . de grille. .	*kg*	49,93	63,50
Production de vapeur par heure et par mètre carré de surface de chauffe	*kg*	20,88	22,88

2° Machines.

		MARCHE avec SURCHAUFFE	MARCHE sans SURCHAUFFE
Puissance moyenne indiquée en HP	*ch*	118,88	115,71
Consommation par heure et cheval indiqué, vapeur.	*kg*	8,69	9,78
Id. houille (allumage compris), poids brut.	*kg*	1,197	1,565
Id. id. id. poids net.	*kg*	1,103	1,428

De ce dernier essai, il ressort que l'économie de *houille* réalisée par la surchauffe de la vapeur amenée à la température de 247° dans les cylindres est :

Pour la houille brute de 0,368 *kg* = *23,51 0/0*.

Pour la houille nette de 0,325 *kg* = *22,75 0/0*.

Traduite en argent, cette économie équivaut donc à un bénéfice de plus de 3 000 *f* par an pour une force motrice d'une centaine de chevaux seulement.

A l'usine de Belfort, le premier surchauffeur a été installé sous une chaudière à corps cylindrique et à trois bouilleurs.

La machine à vapeur est du système Woolf à deux cylindres inclinés.

La batterie se compose de quatre chaudières identiques et l'alimentation de la machine conduisant l'atelier exigeait, avant l'emploi de la surchauffe, la mise en feu simultanée de trois des chaudières. Depuis l'installation de la surchauffe il suffit de deux chaudières en pression pour assurer le travail. La houille employée provient de Ronchamp.

1° Chaudières.

		MARCHE sans SURCHAUFFE	MARCHE avec SURCHAUFFE
Brûlé brut pendant l'essai (allumage compris). . .	*kg*	1 779	1 510
Id. id. houille sèche	*kg*	1 566	1 457
Scories et cendres, poids total	*kg*	318	270
Id. pour 100 *kg* de houille	*kg*	17,9	17,9
Houille pure	*kg*	1 461	1 240
Id. pure et sèche	*kg*	1 252	1 187
Durée de l'essai.		10h30	10h30
Brûlé brut, par heure et par mètre carré de surface de . . . . . chauffe totale.	*kg*	0,50	0,425
Brûlé brut, par heure et par mètre carré de surface de . . . . . grille	*kg*	37	60
Production de vapeur, par heure et par mètre carré de surface de chauffe	*kg*	8,23	15,2

2° Machines.

		MARCHE sans SURCHAUFFE	MARCHE avec SURCHAUFFE
Puissance moyenne indiquée en chevaux	*ch*	115,6	127
Consommation par heure et cheval indiqué, vapeur.	*kg*	9,097	7,647
Id. de houille (allumage compris), poids brut.	*kg*	1,465	1,132
Id. id. id. poids net.	*kg*	1,055	0,910

La vapeur sortait du surchauffeur à 230°, et arrivait à la machine à 175°, ce qui donnait une surchauffe effective de 15° environ.

Dans ces conditions, l'économie réalisée par la surchauffe était, en vapeur, de 16 0/0; en houille pure et sèche, de 13,7 0/0.

Elle est donc sensiblement moindre que celle que je vous ai indiquée plus haut. Vous ne serez pas surpris de ce résultat lorsque

j'ajouterai que la batterie des chaudières est située à 60 *m* de la machine à vapeur et, malgré l'emploi de calorifuge sur les tuyaux de conduite, la chute de température est d'environ 1 degré par mètre de conduite, de sorte que la vapeur qui est à 230° au sortir du surchauffeur n'a plus qu'une température de 175° à l'admission au tiroir, ce qui est une condition très défavorable.

Pour obvier à cet inconvénient lorsqu'il s'est agi d'installer à l'usine de Belfort un second surchauffeur pour desservir un autre groupe de chaudières, nous avons eu soin de construire l'appareil avec foyer indépendant comme celui que j'ai eu l'honneur de vous décrire, à proximité de la machine motrice à actionner ; et, avec la même houille de Ronchamp, l'économie a été de 22 à 23 0/0 comme dans les essais faits en Alsace.

Je pourrais multiplier ces exemples et vous citer notamment un essai récemment fait à Mulhouse chez MM. Glück et C^ie^ par l'Association alsacienne de propriétaires d'appareils à vapeur et dans lequel l'économie en vapeur a été trouvée de 18,17 0/0 et en charbon de 21,57 0/0. Mais je ne veux pas abuser de vos moments.

Ces chiffres ont par eux-mêmes leur éloquence. Ils vous édifient sur l'importance de la surchauffe et en particulier sur l'efficacité du surchauffeur Schwœrer. Et, si l'on se base sur les remarquables résultats fournis par chacun de ces essais, concordant entre eux et avec la théorie de Hirn, il est permis d'affirmer que, dans le plus grand nombre des cas, la surchauffe sera dans l'avenir une annexe indispensable des chaudières.

C'est pourquoi je me suis permis d'attirer sur cet appareil votre attention et celle des industriels désireux de réaliser une sérieuse économie de combustible et d'obtenir une utilisation plus complète de leurs générateurs à vapeur.

DE

LA VÉLOCIPÉDIE

ET DES

PROGRÈS QUE LE BANDAGE PNEUMATIQUE

LUI A PERMIS DE RÉALISER

PAR

M. A. MICHELIN

Peut-être, messieurs, en lisant dans le *Bulletin* l'annonce que j'allais vous parler de vélocipèdes et de bandages pneumatiques, le sujet vous a-t-il paru bien frivole, bien peu digne d'occuper votre attention ?

J'espère vous prouver qu'il n'en est rien et que nous nous trouvons ici en présence, non pas d'une industrie sans avenir, d'une *mode* destinée à passer, mais bien d'une industrie chaque jour grandissante, ayant déjà, depuis trois ans, pris un développement considérable, presque extraordinaire, et destinée à acquérir une importance plus grande encore.

Voici quelques chiffres qui vous frapperont immédiatement, je le crois.

L'importation vélocipédique en France, tant en machines finies qu'en pièces détachées, s'est élevée très approximativement à 10 millions, et à 12 millions en 1891 : tous les fabricants anglais s'étant préoccupés alors d'introduire en France, avan le relèvement des droits de douane (qui sont actuellement au tarif général de 250 *f*, et au tarif minimum de 220 *f* 0/0 *kg*), la plus grande quantité possible de marchandises.

Par suite, en 1892, les importations n'ont plus été que de

7 168 288 *f* pour 573 463 *kg*, et les exportations de 1 222 394 *f* pour 119 258 *kg* seulement.

Cette faible exportation tient à ce que la production, en France, n'est pas encore à la hauteur de la demande; mais je ne doute pas qu'avant peu, grâce aux droits protecteurs, grâce surtout au bon goût naturel des Français, nos fabricants n'arrivent à faire des machines, aussi parfaites comme construction que les machines anglaises, et bien supérieures au point de vue de l'aspect, de l'élégance et du fini ; de telle sorte que nous cesserons d'être tributaires de l'étranger.

En France, on peut estimer actuellement à 300 000 le nombre des vélocipédistes possesseurs d'une machine ; d'ailleurs, le prochain impôt va nous fixer d'une manière exacte à ce sujet. Il faut ajouter à ce chiffre celui, très important aussi, des machines destinées à la location. La préfecture de police a distribué, en 1892, 12 000 cartes de circulation dans Paris, mais un très grand nombre de cyclistes n'en possèdent pas, et l'on peut estimer qu'il y a dans la Capitale environ 30 000 vélocipèdes.

Cette année on vendra, en France, près de 60 000 machines.

En Angleterre, on fabrique annuellement, tant pour la consommation intérieure que pour l'exportation, de 120 000 à 130 000 machines, sans parler des pièces détachées, expédiées en si grand nombre. La seule ville de Coventry occupe 15 000 ouvriers à fabriquer spécialement, d'un bout de l'année à l'autre, des vélocipèdes et des pièces accessoires pour l'exportation.

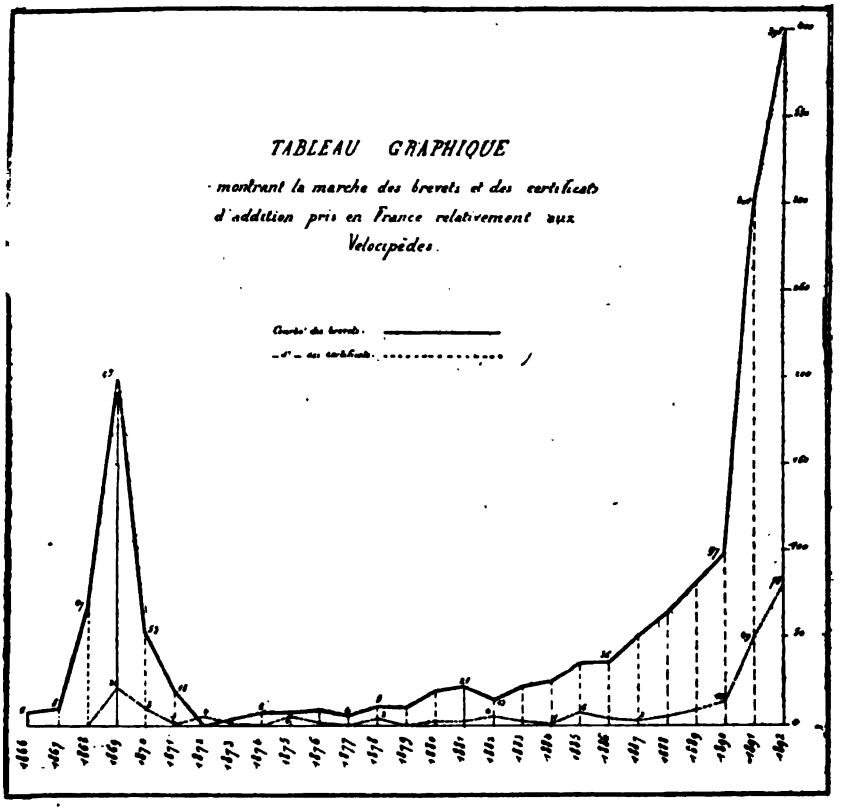
Si nous passons aux brevets, nous constatons qu'en France il est pris, chaque année, relativement aux garnitures de roues et à la suspension des vélocipèdes, plus de brevets que dans aucun autre pays.

Avant la guerre, en 1868 et 1869, les inventeurs se sont vivement préoccupés de cette question. Il a été délivré en 1869, 198 brevets et 20 certificats d'addition; mais la guerre est arrivée, qui a brusquement arrêté cet essor, et, de 1871 à 1879, il n'a pas été pris 10 brevets par an. La reprise commence en 1880, et jusqu'en 1888, il est accordé annuellement une trentaine de brevets relatifs aux vélocipèdes. A partir de 1889, c'est une véritable fièvre : en 1891, il est pris 301 brevets et 49 certificats d'addition: en 1892, de janvier à octobre, 398 brevets et 79 certificats d'addition.

Au total, de 1866 à octobre 1892, le nombre des patentes déli-

vrées en France relativement aux vélocipèdes, s'est élevé à : brevets 1 532, certificats d'addition 215 ; total = 1 767.

Le tracé graphique ci-dessous montre l'essor surprenant pris par le vélocipède. On voit le bond extraordinaire que fait la courbe, en 1869, pour s'affaisser subitement pendant la guerre de 1870, qui a pour effet de faire passer en Angleterre l'avance que notre pays avait légitimement prise pour cette invention; avance qu'il est, depuis deux ans, en train de reconquérir, surtout en ce qui concerne les pneumatiques.



Le vélocipède, nous venons de le voir, tend à entrer dans les mœurs. Pourquoi ? Est-ce une mode ? Non, messieurs. Est-ce, au contraire, un réel progrès susceptible d'une utilisation sérieuse et définitive ? Évidemment, oui.

C'est ce que nous allons essayer de démontrer dans cette conférence, et je ne crois pas rencontrer beaucoup d'incrédules lorsque j'aurai soumis à votre appréciation les deux faits suivants qui, pour moi, sont concluants :

Premier fait. — Un homme tout seul a réussi, en Amérique, à battre un cheval trottant; cet homme s'appelle M. Johnson; la jument qu'il a battue, et qui était la jument la plus rapide connue, Nancy-Hanks.

Le mille, 1 609 *m*, a été couvert par l'homme en une minute, cinquante-six secondes, trois cinquièmes; par la jument en deux minutes quatre secondes.

Deuxième fait. — Un homme, parti de Paris le 6 septembre 1891, à 7 h. 3 m. du matin, est allé à Brest, et est revenu à Paris le troisième jour à 6 h. 25 m. du matin. Il a fait ainsi ce que, ni un homme seul, ni un cheval seul, ni aucun autre moyen de transport (excepté le chemin de fer et les grands paquebots) n'était capable de faire. L'instrument de ce double succès de l'homme sur sa propre nature était le vélocipède.

Un exemple tout récent nous permet de comparer ce que peuvent faire, sur une longue distance, un homme à bicyclette et un homme à cheval.

Dans la course Paris-Brest et retour, Terront a mis soixante et onze heures vingt-deux minutes pour faire 1 208 *km*, sans changer de machine. Dans la course entre officiers, qui a eu lieu cet été de Vienne à Berlin, le vainqueur a parcouru, sans changer de cheval, les 560 ou 570 *km*, qui séparent les deux capitales, en soixante et onze heures. Il n'a donc pas couvert, dans le même temps, la moitié du chemin.

Ces deux faits établissent la double puissance du vélocipède: à savoir un transport très rapide pour une courte distance, et une puissance de transport excessive, prolongée sans fatigue pour l'homme.

De pareils résultats démontrent que le vélocipède n'est pas une mode, que le vélocipède n'est même pas simplement un sport, mais que c'est un moyen de transport nouveau et digne, à tous égards, de la considération d'hommes sérieux, de la considération d'Ingénieurs.

Je mets sous vos yeux deux listes donnant les vitesses comparatives obtenues, sur les petites distances d'abord, sur les grandes ensuite.

Le premier tableau nous indique, pour chaque moyen de transport, la vitesse maxima à laquelle le mille anglais a été couvert. Ce tableau est tiré d'un article qu'a fait paraître M. Mousset dans *La Revue des Sports* du 4 février dernier.

Le Mille anglais (1 609 mètres).

TEMPS AU MILLE	TEMPS AU KILOMÈTRE	VITESSE A L'HEURE	MODE DE LOCOMOTION	DÉTENTEUR	LIEU DU RECORD	PAYS	DATE
m. s.	m. s.	kil. m.					
0 49 4/5	0 31	115 850	Train	Midland Railway	Près Bedfort	Angleterre.	3 août 1890.
1 10	0 43 3/5	82 750	Traineau à glace à voiles.	Dreadnought	Redbank	États-Unis.	26 janvier 1884.
1 35 1/2	0 59 1/3	60 630	Cheval de course (galop).	Salvator	Monmouth Park	—	28 août 1890.
1 50	1 8 1/3	52 660	Torpilleur (avec courant).	Bateau brésilien	Tamise	Angleterre	5 juin 1891.
1 56 3/5	1 12 3/4	49 575	Bicyclette (départ lancé).	J.-S. Johnson	Indépendance	États-Unis.	22 septembre 1892.
2 2 2/5	1 15 4/5	47 455	Id. Id.	W. Windle	Springfield	—	8 octobre 1892.
2 4	1 17 2/5	46 720	Trotteur	Nancy Hanks	Terre-Haute	—	29 septembre 1892.
2 5 1/5	1 17 1/2	46 370	Torpilleur (eau calme)	Ariete	Tower-Hope	Angleterre.	8 juillet 1887.
2 5 3/5	1 17 3/4	46 365	Bicyclette (départ arrêté).	W. Windle	Springfield	États-Unis.	8 octobre 1892.
2 7 1/4	1 19	45 615	Triplette-bicyclette	Johnson frères et Brown.	Cleveland	—	24 septembre 1892.
2 12 1/2	1 22 1/3	43 745	Yacht	Norwood	Baie de New-York.	—	7 novembre 1891.
2 12 3/5	1 22 1/3	43 730	Patin à glace (avec vent).	Tim Donoghue	Newburg	—	1 février 1887.
2 14 4/5	1 24	42 935	Tandem-bicyclette	C. Hess et G. Banker.	Springfield	—	8 septembre 1892.
2 20	1 27	41 375	Transatlantique	Teutonic	Océan Atlantique.		août 1891.
2 23 2/5	1 28 4/5	40 515	Bicycle	W. Windle	Hartford	—	9 septembre 1891.
2 28 2/5	1 32 1/4	39 040	Tricycle	Cassignard	Courbevoie	France.	18 octobre 1891.
2 31 2/5	1 34 1/2	38 265	Tandem-tricycle	S. Beduin et Crump.	Londres	Angleterre.	25 juillet 1891.
2 39	1 38 4/5	36 430	Patin à glace	H. Hagen	Hamar	Norvège.	3 janvier 1892.
2 50 2/5	1 45 1/4	33 990	Patin à roulettes	F. Delmond	Olympia	Angleterre.	20 août 1890.
4 12 3/4	2 37 4/5	22 920	Coureur à pied	W. George	Londres	—	23 août 1886.
5 40	3 31 1/3	17 035	Rameur	Jos. Lamy	Lachine	Canada.	19 août 1882.
5 42 1/2	3 32 1/4	16 925	Coureur sur neige	J.-G. Ross	Montréal	—	7 mars 1885.
6 23	4 10 1/2	15 175	Marcheur	W. Perkins	Londres	Angleterre.	1 juin 1874.
9 14	5 4 1/2	10 460	Marcheur sur neige	J. Ganary	Montréal	Canada.	19 mars 1887.
9 29	5 53 3/5	10 180	Pagayeur	A. Mackendrick	Jessup's Neck	États-Unis.	20 août 1890.
28 18 2/5	17 35 3/5	3 810	Nageur	S. Greasley	Turf Exeter	Angleterre.	13 août 1892.

La liste ci-dessous nous donne, d'autre part, divers records pour de plus grandes distances ou de plus longs temps.

Voici quelles ont été les plus grandes vitesses obtenues dans l'heure :

Homme à pied, marchant sans courir . . . . . 13,500 *km*

Homme à pied, marchand au pas gymnastique . . 18,600 *km*

Jument Jacinthe, au galop, sur route très accidentée (30 *km* en cinquante-sept minutes) . . . . . 31,578 *km*

Cheval Captain Mac-Gowan, au trot, mais sur piste (32 *km* en cinquante-huit minutes vingt-cinq secondes) . . . . 32,873 *km*

Bicyclette de 12,800 *kg*, munie de caoutchoucs creux (Charron), sur mauvaise piste de 400 *m* de tour . . . . . 34,210 *km*

Bicycle de 10 *kg* (caoutchoucs pleins) (Dubois) sur la même piste de 400 *m* . . . . . 34,240 *km*

Bicyclette de 10,500 *kg* (caoutchoucs pneumatiques) (Holbein) record sur route . . . . . 34,500 *km*

Bicycle de 10 *kg* avec caoutchoucs pleins (Rowe, américain) sur excellente piste de 800 *m* . . . . . 36,450 *km*

Bicyclette de 9,500 *kg* avec caoutchoucs pneumatiques (J. Dubois) sur bonne piste en ciment (Vélodrome de Buffalo) . . 39,710 *km*

Si nous passons aux longues distances, la supériorité de la bicyclette devient plus frappante encore ; *comparons les records du jour de vingt-quatre heures :*

Un homme à pied est arrivé à faire, en vingt-quatre heures, sans employer le pas gymnastique . . . . . 204 *km*
et en employant le pas gymnastique . . . . . 241 *km*

Un homme à bicyclette, munie de caoutchoucs creux (Holbein) a fait sur route . . . . . 541 *km*

Un homme à bicyclette avec caoutchoucs pneumatiques (Shorland) a fait également sur route . . . . . 593 *km*

Un homme à bicyclette avec caoutchoucs pneumatiques (Stéphane) a fait sur piste . . . . . 673,816 *km*
C'est la plus grande distance couverte jusqu'ici en un jour.

En 1846, on a parcouru avec un cheval au trot, sur piste, 50 milles, soit 80,450 *km* en trois heures cinquante-cinq minutes, tandis que ce même parcours a été fourni, sur bicyclette, en deux heures seize minutes.

La plus grande vitesse qu'ait pu jusqu'ici fournir un même cheval, d'une seule traite, sans arrêt, a été donnée en 1853. Elle est

de 100 milles ou 160,900 *km* en huit heures cinquante-cinq minutes, tandis qu'en bicyclette, munie de pneumatiques, sur piste, Jules Dubois a fait 160,900 *km* en cinq heures deux minutes.

Voici enfin quelques tours de force de longues distances, qui montreront mieux encore la supériorité de la bicyclette sur les autres modes de locomotion :

Un marcheur américain, Rowelle, a fait 500 *km* en soixante heures.

Le fameux Ramogé a couvert, l'an dernier, la distance de Paris à Belfort, soit 496 *km*, en cent heures vingt-cinq minutes.

Un marcheur anglais, Littlewood, a fait en six jours, du lundi matin 6 heures au samedi soir minuit, 1 006 *km*, soit 180 *km* par jour, soit une moyenne de 7,500 *km* à l'heure.

Nous le verrons plus loin : le capitaine Marbot, aide de camp de Murat, a parcouru, en 1808, les 900 *km* qui séparent Madrid de Bayonne en soixante-douze heures, soit une vitesse moyenne de 12,500 *km* à l'heure. Mais il a changé fréquemment de cheval.

Tout récemment, dans la course de Vienne à Berlin, un officier autrichien a parcouru, sur un même cheval, la distance qui sépare les deux capitales (560 ou 570 *km*) en soixante et onze heures. Tandis que Terront, dans Paris-Brest sans changer de machine, a fait plus du double de chemin, soit 1 200 *km* en soixante et onze heures et demie, et qu'il vient de couvrir, sur la piste du Palais des Machines, 1 000 *km* en quarante et une heures cinquante-huit minutes cinquante-deux secondes, sans avoir, pendant ce temps, quitté sa selle plus de dix-sept minutes.

Un autre tour de force plus extraordinaire encore est celui de Mills, le coureur anglais, qui, à l'âge de dix-huit ans, a traversé en cinq jours et une heure toute l'Angleterre, soit 1 380 *km*, sur un grand bicycle à caoutchoucs pleins, par des routes défoncées et très boueuses, avec la pluie sur le dos la moitié du temps. Il a dormi seulement cinq heures la quatrième nuit. En moyenne, il avait fourni 11,500 *km* à l'heure, arrêts compris.

Quels sont les motifs de la puissance de locomotion du vélocipède ?

D'abord, le premier de tous est que, si un homme qui marche produit, par chaque mouvement de la même jambe, une propulsion qui varie de 1,50 *m* à 1,75 *m*, c'est-à-dire la longueur d'un double pas, un vélocipédiste produit, pour un mouvement de jambe très analogue, un avancement qui varie, suivant la ma-

chine, de 4,50 *m* à 5,50 *m*. Ainsi, le pas de l'homme, en admettant qu'il conserve le même rythme, est triplé.

Le mouvement d'avance du vélocipède est produit, vous le savez, par deux pédales sur lesquelles agissent les pieds du coureur ; sur l'axe de ces pédales est calée une roue dentée : une chaîne Gall réunit cette roue dentée à un pignon, qui est calé lui-même sur une roue d'environ 70 *cm ;* du rapport de la roue dentée avec le pignon dépend ce que les cyclistes appellent *la multiplication*, c'est-à-dire l'espace de terrain couvert à chaque coup de pédale ; chaque cycliste peut choisir, suivant sa force, suivant aussi la vitesse qu'il veut obtenir et le terrain montagneux ou plat sur lequel il a l'intention de rouler, la multiplication convenable. Comme rien n'empêche un cycliste de multiplier les coups de pédale, il en résulte que, s'il fournit le rythme de la course, au lieu de fournir le rythme de la marche, il obtiendra une vitesse considérable, vitesse qui, comme je vous le disais tout à l'heure, est arrivée à atteindre celle du cheval coureur au trot, attelé à une de ces petites voitures très légères que les Américains appellent des « sulkys ».

Voici le premier de nos faits capitaux expliqué.

Passons au deuxième, à savoir que le vélocipède permet à l'homme, lorsqu'au lieu de donner le rythme de la course, il donne celui de la marche, et obtient ainsi une vitesse triple de celle du marcheur, de conserver cette vitesse pendant un temps infiniment plus prolongé que le marcheur à pied n'est capable de le faire. Terront, je le disais tout à l'heure, a parcouru : sur route, 1 196 *km* en soixante et onze heures vingt et une minutes, soit 16,500 *km* à l'heure ; sur piste, 1 000 *km* en quarante et une heures cinquante-huit minutes cinquante-deux secondes quatre cinquièmes, soit, en moyenne, 23,819 *km* à l'heure et cela sans fatigue excessive ; tandis que la vitesse moyenne d'un marcheur est de 5 à 6 *km* à l'heure. Vous voyez là une confirmation pratique de ce que je vous disais, à savoir : que le vélocipède *triple* la puissance de marche de l'homme. Terront a pu conserver cette vitesse pendant trois jours consécutifs, dans Paris-Brest. Sur la piste du Palais des Machines, il a pu rester en selle vingt-huit heures de suite, sans descendre ; pendant cette course de quarante-deux heures, il s'est reposé en tout dix-sept minutes !

Cette démonstration n'était pas inutile pour faire tomber ce préjugé absurde, que le vélocipède est plus fatigant que la marche. C'est là une erreur profonde : le vélocipède est certaine-

ment le moins fatigant de tous les sports et il est facile d'en donner quelques motifs :

Le marcheur est debout, il doit donc ajouter à la fatigue de la propulsion celle de la station ; le vélocipédiste, au contraire, est un homme assis qui fait travailler ses jambes. Tout l'effort déployé par les jambes est donc utilisé pour la propulsion, tandis que l'effort déployé par les jambes du marcheur se décompose en deux : l'effort de station et l'effort de propulsion.

Regardez de profil un rang de soldats qui marchent ; vous verrez les têtes se lever puis s'abaisser à chaque pas (voir à ce sujet les très belles études de M. Marcy). Ainsi, à chaque pas, le marcheur doit soulever tout son tronc. Regardez passer un vélocipédiste, sa tête décrit une ligne parfaitement parallèle au sol. Voilà une deuxième économie de force pour les jambes.

Mais la grande différence se trouve, du moins depuis l'emploi du pneumatique, dans la diminution de la fatigue générale.

Le poids du corps du cycliste se répartit sur cinq points : l'une des deux jambes, les fesses et les deux bras ; le poids du marcheur porte tout entier sur les deux pieds. Dans la marche, chaque pas constitue un choc qui produit une fatigue pour tout l'organisme. Il est vrai qu'avec des caoutchoucs pleins, le cycliste, supportant une trépidation constante, n'avait pas grand'chose à envier au marcheur, mais cette grave cause de fatigue nerveuse a complètement disparu depuis l'invention du pneumatique. Au fond, la principale cause qui limite la distance qu'on peut parcourir sans arrêt à vélocipède, est le sommeil.

En résumé, je le répète, le vélocipédiste est un homme qui est assis en voiture et qui fait travailler ses jambes.

Passons aux conditions mécaniques de ce travail, c'est-à-dire à l'outil : un des grands points, dans les progrès successifs qu'a accomplis le vélocipède, a été la diminution progressive du poids de l'outil ; peut-être étonnerons-nous beaucoup des Ingénieurs de chemins de fer présents, en leur disant que, dans un homme qui se transporte à l'aide d'un vélocipède, le poids mort ou, pour mieux parler, le poids de la voiture et des organes du mouvement ensemble, peut être égal au dixième du poids total. Prenons un coureur sur piste, admettons qu'il pèse environ 80 *kg* vous pourrez, si vous le voulez, faire monter cet homme de 80 *kg* sur une machine de 8 *kg* et lui faire faire 100, 200, 1 000, 2 000 *km*, sans avarie à sa machine ; et, à notre avis, les économies de poids qu'on peut faire n'ont pas encore atteint leurs dernières limites ;

n'oubliez pas que le moyen de transmission de force est une chaîne Gall, et que les chaînes Gall n'ont jusqu'ici mérité aucune réputation de légèreté.

On est arrivé à ce poids phénoménal des machines avec l'emploi de tubes creux en acier, réunis les uns aux autres par des pièces estampées et des brasages. Les roues sont montées en tension.

Mais, nous n'insisterons pas sur la construction mécanique du vélocipède. Nous sommes persuadés qu'il suffira à tous les membres présents à cette réunion de regarder pendant quelques instants un vélocipède, pour se rendre compte, aussi bien que nous avons pu le faire nous-même, de sa fabrication. A notre avis, du reste, nous le répétons, la fabrication de l'outil a encore beaucoup de progrès à faire ; les progrès que la fabrication de l'acier fait de jour en jour permettront à ces outils de se perfectionner eux-mêmes au fur et à mesure que les fabricants de métaux, comprenant l'intérêt qu'il y a à s'occuper de ces objets, pourront diriger leurs études et leurs efforts dans ce sens. Peut-être l'alumium nous réserve-t-il des surprises.

Depuis peu d'années, en somme, la fabrication du vélocipède a été entreprise par des maisons sérieuses ; et, jusqu'ici, cette fabrication avait été traitée d'une façon fort peu industrielle.

Un autre élément mécanique de l'outil, assez intéressant, est le frottement à billes, que j'aurai décrit d'un mot, en vous rappelant la façon dont sont montés les frottements de la machine d'Atwood sur des billes d'agathe ; c'est, vous vous le rappelez, le frottement remplacé par le roulement : tous les axes des machines, axe des roues, axe de l'arbre des pédales, axe des pédales elles-mêmes et enfin douille de la direction, tous les axes de la machine, je le répète, sont montés sur des frottements à billes, l'axe de la roue est donc sans aucun contact avec le coussinet : il roule sur une série d'une vingtaine de billes qui roulent elles-mêmes sur le coussinet.

Les cyclistes y trouvent un double avantage : d'abord une diminution de frottement, ensuite et surtout une beaucoup plus grande rusticité des frottements ; en effet, l'ennemie des cyclistes est la boue, la poussière, qui pénètre dans les roulements ; et une parcelle de silex aura beaucoup plus vite mis hors d'état de rouler un coussinet à vis qu'un coussinet à billes, dans lequel il peut trouver sa place, en étant entraîné par le mouvement des billes elles-mêmes.

Nous avons fait, et il est facile de la répéter, l'expérience suivante : mettez une bicyclette la tête en bas, lancez de toutes vos forces la roue d'arrière, en appuyant sur les pédales; vous la verrez, malgré la chaîne Gall, malgré le double axe, rouler pendant quatre minutes, et s'arrêter par une série de balancements, qui indiquent combien peu elle a d'inertie : la roue d'avant, qui n'a qu'un seul axe, est plus mobile encore; elle peut rouler, si la machine est en bon état, pendant vingt minutes. Une plaisanterie favorite des cyclistes consiste à confier la machine à un ami ignorant, pendant qu'on donne une violente impulsion à la roue, pour voir soi-disant si elle est bien réglée, en recommandant soigneusement à l'ami de tenir la machine en l'air, jusqu'à ce que la roue s'arrête : je n'ai pas besoin de vous dire que le bras de l'ami est fatigué avant le coussinet à billes.

Mais l'élément réellement intéressant, l'élément nouveau de la machine, celui qui est le motif réel de cette conférence, c'est le mode de suspension que tous les fabricants tendent à appliquer aujourd'hui : je veux parler du *bandage pneumatique*.

Les roues des premiers vélocipèdes étaient cerclées de fer, comme les roues des voitures ordinaires. A cause du faible coefficient d'adhérence du métal, dès que le cycliste appuyait fortement sur les pédales, la roue motrice, car il ne faut jamais oublier que l'une des roues du vélocipède est motrice, patinait sur place. Les rampes un peu raides étaient impossibles à gravir; et, même sur le terrain plat, une grande partie de la force employée se dépensait en glissement.

On garnit la jante d'un cercle de caoutchouc, et le glissement fut réduit dans une très grande proportion : les plus fortes rampes de nos routes nationales devinrent accessibles.

Montée sur caoutchouc, la machine, mieux suspendue, cessait de secouer aussi terriblement, et, par suite, fatiguait moins le coureur. En outre, le cercle de caoutchouc amortissait bien des chocs; la machine perdait ainsi moins de force vive par les aspérités de la route et la vitesse s'augmentait d'autant.

Un nouveau perfectionnement fut le caoutchouc creux ou caoutchouc coussin (*cushion tyre*). C'est un anneau de caoutchouc qui a une épaisseur totale de 3 *cm;* 1 *cm* au centre est creux : les parois ont donc 1 *cm* d'épaisseur chacune.

Cette disposition donne beaucoup plus d'élasticité et de vitesse que l'ancien caoutchouc plein, qui n'avait, en général, que 10 ou 15 *mm* de section. Mais elle est encore insuffisante et ne permet

pas aux vélocipédistes de pratiquer sans précautions les bas côtés de la route, pour peu qu'ils soient raboteux. Le caillou d'empierrement, le caillou roulant, qu'on rencontre à chaque instant sur les routes, reste toujours pour eux une menace de chute, s'ils le rencontrent à l'improviste.

Des inventeurs ont cherché à supprimer les secousses par l'emploi de suspensions à ressorts, analogues à celles des voitures ordinaires; mais ils se sont heurtés à la difficulté suivante : la roue postérieure est motrice, et il est indispensable de lui transmettre la force produite par l'homme sur les pédales. Il en résultait le dilemme suivant : ou bien l'on n'interposait pas de ressorts entre l'axe des pédales et celui de la roue, et alors la suspension était incomplète, l'organe délicat, le genou, n'étant pas protégé; ou bien on en interposait, et alors le cycliste dépensait une partie de ses efforts à comprimer ces ressorts, en pure perte, naturellement.

La solution du problème de la suspension était donc de la placer à la circonférence même des roues.

Le *bandage pneumatique* vint donner une solution tout à fait élégante du problème. C'est, en principe, un ballon, en forme de tube, disposé autour de la jante. On prend un tube de caoutchouc toilé, fort analogue à un tuyau d'arrosage, on en soude les deux extrémités de façon à avoir un cercle sans fin. Le caoutchouc sera étanche à l'air, les toiles qu'il contient résisteront à la pression. On soude sur ce tube un petit conduit qui traverse la jante; on garnit d'une valve de retenue ce petit conduit, et, à l'aide d'une pompe à main, on y introduit de l'air, jusqu'à ce que la pression soit suffisante pour que le tube ne s'écrase pas trop sous le poids du coureur.

Le tube qui constitue l'anneau a une épaisseur qui varie de 40 à 60 *mm*; les parois sont minces : leur épaisseur est d'environ 5 *mm*.

L'étanchéité de ce mode de suspension est véritablement merveilleuse. Un examen attentif peut en révéler le motif.

Qu'une roue, munie d'un caoutchouc plein ou d'un caoutchouc creux, rencontre un caillou de 2 à 3 *cm*, le choc, bien qu'amorti, n'en reste pas moins très sensible. C'est que le contact brusque du caoutchouc avec le caillou amène forcément une sorte d'écoulement des molécules du caoutchouc; en effet, quoique élastique, le caoutchouc est un solide; et il faut un effort sérieux pour déplacer ses molécules.

Qu'arrive-t-il, au contraire, quand le pneumatique vient au contact du caillou ? Le caillou tendra à déformer le pneumatique, à s'y trouver un logement. Quelle résistance rencontrera-t-il ? La paroi est très mince, par suite très souple, et l'effort nécessaire pour qu'elle se plie et s'applique sur le caillou sera faible. L'effort nécessaire pour déplacer les molécules d'air est insignifiant aussi ; — l'air est un gaz, il est facile de le déplacer —; mais le caillou, en déformant le pneumatique, va diminuer le volume occupé par l'air et, par suite, augmenter la pression. Voilà le seul effort qui reste à vaincre.

Admettez un caillou de 2 cm^3, le volume intérieur d'un pneumatique ordinaire est d'environ 4 000 cm^3. Calculez, si vous le jugez utile, l'augmentation de pression produite.

Voilà en quels éléments se décompose l'effort produit par le choc sur un caillou. Voilà pourquoi le pneumatique enveloppe l'obstacle qu'il rencontre. C'est ce que l'on exprime en disant : « le pneumatique boit l'obstacle ».

Le bandage pneumatique surélève la jante de 3 à 4 *cm* au-dessus du sol. Il en résulte que le véhicule, suspendu sur pneumatiques, pourra passer sur des obstacles de 2 à 3 *cm* sans que ceux-ci viennent au contact d'autre chose que de l'air qui gonfle le pneumatique, et sans même qu'il y ait soulèvement du véhicule.

On comprend le confortable, on comprend l'économie de force qui résultent d'une suspension aussi parfaite.

Vous pouvez faire l'expérience suivante : placer sur le sol d'un atelier une règle de 1 *cm* de côté ; bander les yeux au cycliste et le faire passer, monté sur sa bicyclette pneumatique, sur cette règle : il ne s'apercevra pas de l'obstacle.

En somme, on peut donner une idée assez juste de l'élasticité du pneumatique, en disant que « le cycliste roule sur de l'air à 2 *cm* au-dessus des obstacles de la route ».

Les résultats de cette élasticité merveilleuse sont les suivants : la vibration continue produite par les mille aspérités de la route, qui éreintait le cycliste, en même temps qu'elle abîmait la machine, est supprimée. Les chocs, au lieu d'être brutaux, sont atténués ; les ruptures de machines sont devenues très rares. Le pavé, même le terrible pavé de grès du grand roi Louis XIV, est devenu accessible ; et l'on a vu, dans une course sur route, de Paris à Clermont-Ferrand, où le départ avait lieu par la route de Villeneuve-Saint-Georges, et où les pneumatiques seuls étaient admis, les coureurs sauter des trottoirs à l'allure de 25 *km* à l'heure. Avec des ma-

chines à caoutchouc creux, cette fantaisie leur aurait coûté leur machine à coup sûr, et peut-être un membre par-dessus le marché.

Mais l'avantage décisif a été une augmentation énorme de la vitesse, due à plusieurs causes : d'abord le pneumatique se moule sur la route, a une *adhérence* énorme ; il s'ensuit que la roue motrice n'a plus aucun glissement et qu'aucune partie de la force de propulsion n'est perdue. La plupart des chocs sont supprimés et, en même temps, les pertes de force vive. Enfin le cycliste est infiniment moins exposé aux chutes avec le pneumatique, puisqu'il peut franchir sans danger tous les obstacles qu'on est exposé à rencontrer sur une route : il donne donc sans crainte son maximum de vitesse.

En fait, Terront a couvert, en soixante et onze heures, c'est-à-dire en un peu moins de trois jours, les 1 200 *km* de la course de Paris-Brest, tandis que le premier des coureurs montés en caoutchoucs creux a mis plus de quatre jours.

Les premières formes du bandage pneumatique, destinées spécialement aux courses sur piste, présentaient l'inconvénient très grave, au point de vue du tourisme, que la réparation en était fort ennuyeuse et fort longue. Sur une route, il arrive qu'on rencontre un tesson de bouteille ou un clou placé la pointe en l'air : de là chez les chevaux la blessure appelée « clou de rue » ; de là, avec un pneumatique, la perforation, et, par suite, le dégonflement. Il faut regonfler le pneumatique après l'avoir de nouveau rendu étanche en bouchant le trou produit par le clou de rue.

Pour faciliter cette réparation, on a décomposé le pneumatique en deux parties : l'une, le tube intérieur, est en caoutchouc souple amovible, c'est la *chambre à air*, dont le seul but est d'être étanche. Comme elle est en caoutchouc souple, les perforations qu'elle peut subir se réparent très facilement par le simple collage d'une pellicule de caoutchouc identique.

L'autre partie, qu'on appelle le bandage extérieur, est faite d'une forte toile caoutchoutée ; son but est de résister à la pression de l'air comprimé par la pompe dans la chambre à air, car celle-ci, étant en caoutchouc simple, se dilaterait indéfiniment sous la pression.

Les perforations que des pointes peuvent produire dans le bandage extérieur sont trop faibles pour compromettre sa solidité.

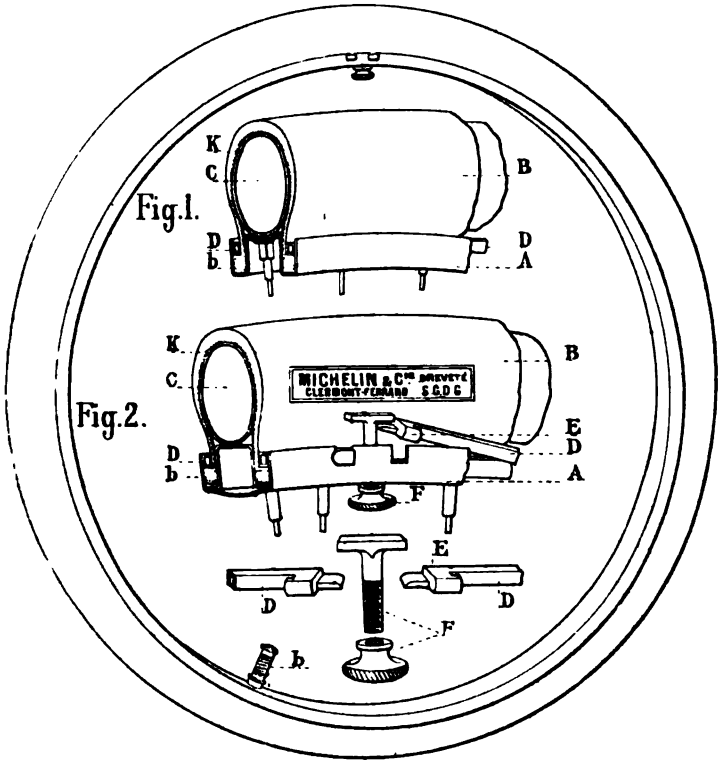
Les inventeurs ont imaginé divers procédés pour fixer le bandage extérieur à la jante, et constituer ainsi un tube parfait. Le

temps nous manque pour les décrire en détail. Les uns ont voulu se servir de la pression même, pour accrocher le bandage à la jante.

Ils ont commis, à mon avis, une erreur ; en effet, qu'un éclatement brusque se produise, l'enveloppe extérieure se détachera immédiatement de la jante et viendra s'enrouler dans la fourche, occasionnant au cycliste une chute très grave. En outre, une attache semblable ne peut donner une fixité absolue du bandage sur la jante. Or cette fixité est indispensable, étant donnés les violents efforts que la roue supporte par les coups de pédale du cycliste.

Je préfère de beaucoup la méthode qui consiste à fixer le bandage sur la jante au moyen d'un mode d'attache spécial. En voici un exemple :

Le bandage B a une section en forme d'arcade ; les deux bords sont munis de bourrelets *b*, comme l'indique la figure.



Ces deux bourrelets *b* pénètrent chacun dans chacune des deux gorges, placées à droite et à gauche de la jante A en acier fondu.

Pour les maintenir au fond de ces gorges, on place dans cette même gorge tout autour un anneau métallique D, lequel fait fonction de *cale* et remplit d'une façon exacte l'espace laissé libre entre la paroi extérieure de la gorge métallique et la paroi du bandage. Les deux extrémités de l'anneau sont munies de crochets E, qui s'accrochent dans des mortaises pratiquées dans la jante.

Un écrou F maintient à leur place les deux crochets E des anneaux métalliques D, même quand le bandage est dégonflé.

En cas de rencontre d'un clou ayant amené le dégonflement, la réparation consiste à décrocher et enlever l'anneau métallique D d'un seul côté, à dégager de la gorge le bandage extérieur B, à sortir la chambre à air C, à trouver la plaie, à la fermer en y collant une pièce de caoutchouc souple, à réintroduire la chambre à air dans le bandage extérieur et à regonfler.

La seule partie délicate et longue de cette opération consiste à trouver la plaie de la chambre à air : c'est quelquefois un très petit trou ; et à boucher ce trou.

Les inventeurs sont encore arrivés à supprimer cette difficulté en faisant des chambres à air *interchangeables*. Il suffit d'avoir une chambre à air de rechange dans sa poche et l'opération se réduit à remplacer la chambre à air perforée par une chambre à air nouvelle, ce que des cyclistes habitués arrivent facilement à faire en moins d'une minute. La recherche de la plaie et la réparation de la chambre à air perforée se font alors, à loisir, à l'étape.

Avec ces perfectionnements, le pneumatique, devenu démontable et interchangeable, est réellement pratique dans toutes les circonstances. Il a reçu sa première consécration dans la grande course sur route de Paris-Brest, organisée par le *Petit Journal* : M. Pierre Giffard, le promoteur de cette course, était d'avis que la vélocipédie, est non pas seulement un sport, mais *un bienfait public* — le mot est de lui. — Il a fait cette course pour démontrer la puissance de locomotion du vélocipède, la durée du trajet qu'il peut obtenir; et peut-être, en même temps, pour faire ouvrir les yeux à certains fabricants, sur la fragilité des machines qu'ils fabriquaient encore. Il a imposé, comme condition, que la course fût courue en entier sur la même machine ; les machines furent plombées avant le départ par des douaniers, pour éviter toute substitution. Pleins, creux et pneumatiques furent admis à la course. Ce fut un pneumatique démontable qui gagna ; — à cinq

reprises différentes, la chambre à air, dégonflée, crevée par une épine ou un clou, avait dû être enlevée et réparée.

La facilité de réparation était acquise, mais elle ne suffisait pas au cycliste; il y a tant de gens qui sont maladroits de leurs mains!

Il faut bien le dire, d'ailleurs : il n'est pas excessivement agréable de s'arrêter sur le bord d'une route, quelquefois sous la pluie, quelquefois en pleine nuit, pour démonter un pneumatique, même facilement démontable, y faire une réparation, regonfler et repartir.

Tous les efforts des inventeurs se sont donc tournés vers l'*increvabilité* du pneumatique : on a cherché d'abord à protéger cette lame, si facile à percer, de caoutchouc, par des lames d'acier; le résultat a été désastreux; les lames d'acier ont ressemblé au fameux sabre de Joseph Prudhomme : « elles ont été là pour défendre la société et, au besoin, pour la combattre; » je veux dire qu'elles ont elles-mêmes perforé la chambre à air qu'elles étaient chargées de protéger.

Le système le plus ingénieux dans ce genre a été celui dont nous vous montrons un spécimen (le Burris) : c'est une lame d'acier agrafée sur elle-même. Vous avez tous pu voir chez des bijoutiers des pièces analogues; c'est d'une flexibilité très grande et cela assure une protection assez efficace; mais, là encore, le frottement réciproque de la chambre à air et du protecteur finit par user la chambre à air au bout de quelques centaines de kilomètres.

On chercha donc d'un autre côté. N'ayant pu réussir à empêcher les perforations, on chercha à les réparer automatiquement, ou, du moins, à empêcher la chambre crevée de perdre son air. Les fabricants de caoutchouc employèrent, pour la chambre à air, le procédé qu'ils emploient pour gonfler les ballons d'enfants. Vous n'ignorez pas que le caoutchouc, non vulcanisé, a la propriété de se ressouder à lui-même avec une grande facilité; la paroi de la chambre à air est donc composée, entre deux couches de caoutchouc vulcanisé, d'autres couches de caoutchouc naturel. Le clou perforait naturellement avec la plus grande facilité cette enveloppe très souple; mais lorsqu'on le retirait de la plaie, il suffisait d'appuyer fortement, avec le pouce et l'index, pour rapprocher les deux lèvres de la plaie et les ressouder. Malheureusement, ce procédé, très séduisant en théorie, donnait d'assez mauvais résultats en pratique : en effet, le caoutchouc naturel,

en vieillissant, durcit, devient de plus en plus dense et de moins en moins soudable; il en résultait qu'au bout de trois ou quatre mois, la plaie ne se refermait plus, mais les anciennes plaies se rouvraient à nouveau: on n'avait plus un pneumatique, on avait une passoire; et cette invention n'a jamais pu entrer dans le domaine de la pratique.

Une nouvelle invention basée sur le même principe vient de faire son apparition; elle consiste à emporter, dans une sorte de seringue Pravaz, analogue à celle dont les morphinomanes se servent pour se faire des injections sous-cutanées, une dissolution de caoutchouc très prompte à s'évaporer. Lorsqu'on a constaté l'endroit par où s'échappe l'air, on y introduit la pointe de la seringue, de telle sorte que cette pointe émerge dans l'intérieur de la chambre à air. On fait alors descendre le piston de la seringue, la pâte s'échappe et vient couler le long de la pointe sur la plaie; de sorte que, lorsqu'on retire la seringue du trou, cette pâte tend à sortir sous la pression de l'air, recolle les lèvres de la plaie et, en séchant, obture le trou.

Cette invention peut donner d'excellents résultats dans beaucoup de cas, mais elle présente un inconvénient: c'est qu'il faut *savoir* où est le trou et on ne le sait pas toujours.

Un autre inventeur a cherché l'auto-réparabilité du pneumatique en garnissant l'intérieur de sa chambre à air d'une série de petites soupapes superposées; ces soupapes sont composées de petites lamelles d'une substance souple, tout en étant non élastique, à savoir de la toile caoutchoutée. Ces lamelles ont une partie collée sur la chambre à air, l'autre partie libre; elles se recouvrent sur leurs extrémités à peu près comme les lames d'une persienne. Qu'un clou entre dans la chambre à air, il soulèvera la lamelle de toile caoutchoutée qu'il rencontrera; lorsqu'on le retirera, la lamelle reviendra reprendre sa place et obturera le trou créé par le clou, car elle sera maintenue adhérente à la paroi par l'excès de pression de l'air à l'intérieur.

Ce système, fort ingénieux, donne, malheureusement, d'assez nombreux ratés: pour peu que la soupape ne vienne pas s'appliquer d'elle-même sur la plaie, la pression de l'air, s'équilibrant, l'empêche de retomber; en outre, la présence de ces nombreuses lamelles de toile caoutchoutée, substance relativement peu élastique, enlève beaucoup de souplesse au pneumatique, et un pneumatique qui n'a pas le maximum de souplesse n'a pas de raison d'être.

D'autres inventeurs ont voulu utiliser le caoutchouc à l'état de compression, de façon que, lorsqu'on retire le clou, la matière fasse en quelque sorte sphincter, mais les moyens mécaniques pour arriver à cette solution n'ont pu être trouvés encore. Il suffit d'un gravier, entraîné par le clou, pour que le trou reste ouvert.

Une invention qui paraît plus pratique est due à un horloger : (M. Lapsolu) : elle consiste à prendre une bande de caoutchouc et à l'enrouler en spirale sur un mandrin, avec un pas égal à environ 1/4 de la largeur de la bande. On obtient ainsi une sorte de mirliton. On colle alors ensemble les bords extérieurs de la lame, en laissant libre toute la partie qui est à l'intérieur. La chambre à air, ainsi fabriquée, sera à parois multiples. Il faut choisir pour cette fabrication le caoutchouc le plus souple possible. Lorsqu'on perfore la chambre à air, chacune des parois, sous l'effort du clou, s'emboutit, s'allonge successivement avant de se laisser percer. Or, comme les différentes parois, par suite de l'enroulement en spirale, ont leurs points de collage situés à des distances différentes du point de perforation ; il est facile de comprendre qu'elles s'allongent de longueurs différentes avant de se laisser perforer. Il en résulte que, lorsqu'on retirera le clou, les trous successifs ne seront pas superposés et que, par suite, il n'y aura pas de fuite.

Une autre invention, basée sur un principe analogue, a été faite par un médecin, M. le docteur Loisel.

La chambre à air « pneumo-statique » — c'est son nom — a été inventée par ce docteur en voyant, lors d'une saignée, l'écoulement du sang s'arrêter par suite d'un simple mouvement du malade. Il s'était produit ce qui arrive fréquemment : le mouvement avait déplacé la veine ; le parallélisme entre les lèvres de la plaie des téguments (épiderme, derme et graisse) et les lèvres de la plaie de la veine était détruit ; la paroi de ce vaisseau avait joué, avait fait guichet en quelque sorte et fermé l'orifice ; les enveloppes restaient bien percées après ce mouvement, mais les trous ne coïncidaient plus, et, par suite, l'écoulement du liquide était arrêté.

Le docteur appliqua cette théorie à son pneumatique : il composa la paroi de la chambre à air de deux enveloppes séparées, indépendantes, les plus élastiques et les plus souples qu'il pût trouver ; sa première idée fut de monter la paroi intérieure sur une espèce de tige faisant tout le tour du bandage et qui lui per-

mettrait à volonté de déplacer l'enveloppe intérieure par rapport à l'autre ; et, par conséquent, d'empêcher les trous de coïncider.

Mais il trouva mieux : au lieu d'un moyen mécanique, il employa un simple moyen physique.

Tous nos tissus, vous le savez, baignent dans un liquide ; le docteur plaça un liquide entre les deux parois de sa chambre à air, de sorte que, après avoir percé la première paroi qui est appliquée par la pression contre le bandage extérieur, le clou venant rencontrer la paroi intérieure, la trouve fort mobile : celle-ci, en effet, peut glisser sur la sorte de liquide synovial qui la sépare de l'autre paroi ; elle s'emboutit, se déplace, avant de se décider à se laisser rompre ; de telle sorte que, lorsqu'on retire le clou et qu'elle revient se coller contre la paroi extérieure automatiquement, les trous successifs ont cessé de coïncider.

Le fonctionnement de cette chambre à air est tellement remarquable, qu'il se produit même de l'intérieur vers l'extérieur, et qu'on peut, maintenant, perforer de part en part avec une longue aiguille à tricoter, un bandage pneumatique, sans qu'il s'échappe une parcelle d'air, ou du moins, sans que la fuite ait une importance suffisante pour diminuer sérieusement la pression intérieure.

Le jeu des deux parois l'une sur l'autre est assuré d'une façon complète, si l'on a soin de les masser légèrement, ou plus simplement, si on roule ; le massage, qui se produit par la compression du tube, amène l'étanchéité parfaite, même dans le cas où, au début, la blessure aurait laissé échapper quelques globules d'air.

Ces chambres à air increvables, vont donner une nouvelle impulsion à la vélocipédie ; bien des gens, en effet, considéraient le pneumatique comme un *mal nécessaire ;* aujourd'hui, on pourra laisser sa machine à la porte d'un ami, sans avoir la crainte de trouver au retour son pneumatique percé par un gamin malicieux.

Cette invention est, en somme, une fort jolie application de certaines des propriétés du corps humain ; et l'idée devait en venir à un médecin : massage, liquide synovial, mobilisation des enveloppes successives, autant d'éléments empruntés à l'anatomie et transportés dans le domaine industriel. Le docteur a eu de la chance, par exemple, de tomber sur une matière spéciale, élastique, et bien voisine du tissu humain comme le caoutchouc. Il est probable que ses notions anatomiques ne lui auraient pas beau-

coup servi, s'il avait dû faire une invention purement mécanique.

Il n'est pas étonnant, au surplus, de voir un médecin apporter son perfectionnement à la vélocipédie, car il y a peu de professions où la vélocipédie compte plus d'adeptes.

Ces messieurs y voient un procédé pratique pour reposer Cocotte, lorsqu'ils ont vu trop de malades, et beaucoup le préconisent comme le meilleur des exercices; ils prétendent que c'est lui qui permet d'éliminer, dans le moins de temps possible, le plus grand nombre de déchets, et je suis personnellement forcé d'avouer que le meilleur moyen d'obtenir une transpiration rapide est d'abattre 15 *km* en une heure sur une bicyclette.

Les motifs pour lesquels certains médecins prétendent que le vélocipède est le meilleur des exercices, sont les suivants : d'abord le massage, très énergique et très doux en même temps, des intestins, produit par les mouvements des jambes et par les mouvements constants, mais très faibles, qu'il faut faire pour maintenir son équilibre en bicyclette; par conséquent, la décongestion de ces organes et la circulation du sang facilitées.

Ensuite la suppression des chocs qui évite la fatigue nerveuse des organes. Rappelons que cette suppression des chocs n'existe que depuis l'invention du pneumatique, car autrefois rien n'était plus insupportable que la vibration constante produite par les moindres aspérités de la route. Exercice très suffisant des bras, car, dans les côtes, il faut tirer fortement sur les poignées pour donner un point d'appui à l'effort des jambes. Très bon exercice également des jambes. Mais surtout un fonctionnement très énergique, très profond des voies respiratoires, plus profond et plus complet que dans aucun autre exercice : la gymnastique, la course, comme le cheval, comme les ascensions, déterminent des déplacements brusques et successifs dans la colonne sanguine, par suite, des chocs sur le cœur, qui ralentissent et troublent le mouvement circulatoire : dans le cyclisme, au contraire, le cœur et les gros vaisseaux restent absolument à la même hauteur : le jeu du sang se fait donc sans aucun coup de bélier; et il en résulte que l'homme peut arriver à développer le maximum d'efforts dont il est capable, à brûler dans le temps le plus court possible la plus grande quantité d'oxygène et à donner au jeu des poumons leur plein et entier développement.

Peut-être, Messieurs, trouverez-vous que je suis sorti un peu du ton qu'il convient de garder dans une conférence devant la So-

ciété des Ingénieurs civils, en vous parlant des conditions hygiéniques du vélocipédisme; c'est que le vélocipède est une question très multiple. A côté de la question mécanique, dont je vous ai entretenu tout à l'heure, à côté de la question du pneumatique, réellement nouvelle et si intéressante, à mon avis, se place la question du vélocipède envisagé au point de vue « sport ».

Le *sport vélocipédique* a pris chez nous une extension considérable et qui est due à plusieurs causes: la première est l'économie relative du vélocipède comparé au cheval; la seconde est le charme particulier, le charme spécial de ce sport; même pour des gens habitués au cheval. C'est un plaisir curieux et d'une nature toute spéciale que de se sentir emporté à une vitesse de 20, 25, 30, 35 *km* à l'heure, si l'on est très fort, et de pouvoir se dire qu'on est seul l'agent de cette vitesse; vous avez un bon cheval, vous allez au galop, vous avez le plaisir de la vitesse; mais c'est à votre cheval que vous la devez; en bicyclette, c'est à vous-même, c'est à vos poumons et à vos jambes.

Un autre grand plaisir est celui de voyager: il est amusant, il est même anormal de partir un matin, d'arriver à l'étape au bout de dix heures et de se trouver avoir, à une petite allure tranquille, abattu 150 *km* et traversé trois départements.

Au point de vue de la jeunesse, il y a là des éléments d'éducation précieux: j'ai été mêlé moi-même à des courses sur route, de vélocipèdes; et j'ai pu apprécier la dose d'énergie, de débrouillage, qui est nécessaire à ces coureurs, pour se soigner eux-mêmes, soigner leur machine, parer aux avaries, trouver leur chemin, pendant vingt, trente heures de suite, sur les grandes routes, dans des pays quelquefois inconnus et souvent la nuit.

Ces courses sur route sont devenues un véritable art et ont amené des procédés très intéressants. Le grand élément de succès dans une course, où il s'agit de faire 400 ou 1 000 *km* dans un temps donné, consiste à ne pas perdre de temps.

L'une des courses qui ont le plus frappé les populations, parce qu'elle était la première, a été la course Bordeaux-Paris qui, maintenant, se répète chaque année par les soins du journal *le Vélocе-Sport*. Les Anglais étaient venus disputer les prix, et ils nous ont battus complètement, parce qu'ils étaient mieux préparés que nous: c'est toujours la même histoire. Des repas étaient organisés d'avance dans les contrôles, repas sommaires, spécialement préparés, et qui consistaient uniquement en aliments demi-liquides, à savoir du jus de viande concentré, du lait, des œufs

et des fruits ; les coureurs absorbaient cela en quelques secondes, en descendant à peine de machine, et repartaient immédiatement. Quelques-uns même emportaient du jus de viande dans les biberons, qu'ils plaçaient dans les poches de côté de leur veste et qu'ils suçaient tout en marchant. Ne riez pas trop, messieurs, et n'oubliez pas qu'en vélocipédie deux minutes équivalent à 1 *km*, c'est-à-dire, dans la course de Bordeaux-Paris à 1 380ᵏᵐ du parcours.

Les coureurs ne sont pas seuls dans ces grandes courses où il faut prolonger l'effort d'énergie pendant vingt-quatre heures de suite ; ils sont accompagnés par des *entraineurs*, qui se relaient de ville en ville, qui portent leurs vivres, leurs vêtements de change, sont prêts à réparer la machine s'il y a lieu, et empêchent surtout le coureur de ralentir ou de s'emballer inutilement. Lorsque l'épreuve se prolonge, l'entraineur a un autre devoir : c'est d'empêcher son coureur de dormir ; pendant la troisième nuit que Terront a passée sur la selle, en revenant de Paris-Brest, un de ses entraineurs avait eu l'idée ingénieuse de se munir d'une clochette de vache qu'il agitait constamment aux oreilles du coureur.

J'ai rapproché cette anecdote de celle-ci, que j'ai trouvée dans les mémoires du général Marbot. Napoléon est un des hommes qui ont su, le mieux, faire se dépêcher les autres, et il a obtenu, avec ses officiers d'ordonnance, des résultats remarquables, comme vous allez en juger :

En 1808, le capitaine de Marbot était aide de camp du prince Murat. Après l'émeute du 2 mai, qui éclata à Madrid, et fut réprimée par les troupes françaises, Marbot fut chargé par le prince d'aller porter à l'Empereur, qui était à Bayonne, la nouvelle de sa victoire sur l'insurrection. Il y a de Madrid à Bayonne 800 *km*. Le voyage fut exécuté sur des chevaux de poste, changés dans tous les relais, à franc étrier, sans prendre de repos.

Parti de Madrid dans la soirée du 2, le capitaine arriva à Bayonne, le 5 mai, au moment où l'Empereur sortait de dîner, c'est-à-dire vers deux heures de l'après-midi. Cela fait donc trois jours pleins ou soixante-douze heures : soit 12,300 *km* à l'heure. C'était un tour de force, mais qui ne pouvait être obtenu que par les relais.

Marbot raconte ainsi sa course : « Il y a de Madrid à Bayonne la même distance que de cette dernière ville à Paris, c'est-à-dire

» 225 lieues ; trajet bien long, surtout lorsqu'on le parcourt à » franc étrier, le sabre au côté, sans prendre un seul quart » d'heure de repos et par une chaleur brûlante... Aussi étais-je » exténué ! Le besoin de sommeil m'accablait, mais je n'y cédai » pas une seule minute, tant je comprenais la nécessité d'avan- » cer rapidement.

» Pour me tenir éveillé, j'augmentais le pourboire des postil- » lons, à condition qu'ils me chanteraient, tout en galopant, ces » chansons espagnoles que j'aime tant, à cause de leur naïveté » romantique, et du charme de leurs airs expressifs, empruntés » aux Arabes... ».

J'avoue que, pour mon compte, je préférerais les cantilènes espagnoles de Marbot à la clochette de vache de Terront. Mais, question musicale à part, vous remarquerez à nouveau la grande supériorité du vélocipède sur le cheval, même avec des relais ; le temps est le même, mais la distance parcourue est bien supérieure.

En somme, l'impression que je voudrais dégager de cette conférence est que le vélocipède est, et sera, de plus en plus, un grand économiseur de temps. Sans doute, je n'irai pas jusqu'à contresigner l'amusante réclame du fabricant américain : « La vie » est trop courte pour marcher à pied, achetez-moi une bicy- » clette ; » il faut avouer, cependant, qu'elle contient une part de vérité.

La bicyclette triple, nous l'avons dit, d'une façon sensiblement exacte, le pouvoir de locomotion de l'homme ; en d'autres termes, elle permet d'exécuter, en cinq minutes, un trajet qui, à pied, demanderait un quart d'heure ; et cela sans aucune augmentation de fatigue.

Les Américains disent que le temps est de l'argent ; un philosophe français, plus justement encore, a dit que « le temps, c'est la vie elle-même ». Si l'on supprime de la vie de l'homme la notion de l'espace, on le met en prison ; si on en supprime ce que les philosophes appellent la notion du temps, on le tue. Il y a deux façons d'allonger la vie : la première est l'hygiène ; et, à ce point de vue-là aussi, le vélocipède est intéressant ; la deuxième consiste à économiser le temps perdu et, là encore, le vélocipède est intéressant.

Pour terminer par une idée mécanique, je dirai que, quand l'homme marche, il se *porte* lui-même ; quand il va en bicyclette,

il se *roule* lui-même : c'est donc le remplacement de ce primitif moyen de transport, le portage, qu'on n'emploie plus que dans l'Afrique nègre, par le roulement.

Croyez-vous qu'un vélocipèdiste n'a pas un peu le droit de traiter de Dahoméen un homme qui sue pour avoir fait 5 *km* à pied, lorsqu'il vient lui-même de faire 15 *km*, avec moins de fatigue ?

Si vous voulez vous rendre compte, Messieurs, de l'avenir de la vélocipédie, rendez-vous compte du nombre de civières qui peuvent exister en France, et comparez-le au nombre de brouettes : la civière, c'est l'homme qui marche ; la brouette, c'est le cycliste.

TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE

Conditions du problème et tentatives de direction.

I. — CONDITIONS DU PROBLÈME.
- Théorème des vitesses et caractéristique du ballon dirigeable.
- Légèreté du moteur.
- Diminution des résistances à l'avancement.
- Stabilité de route.

II. — TENTATIVES DE DIRECTION.
- Général Meusnier.
- Henri Giffard.
- Dupuy de Lôme.
- MM. Tissandier.

III. — LES EXPÉRIENCES DE CHALAIS-MEUDON.
- Ascension du ballon *la France*.
- Légèreté du moteur.
- Résistance à l'avancement.
- Stabilité de route.
- Progrès obtenus et perfectionnements à réaliser.

DEUXIÈME PARTIE

Résistance à l'avancement et propulsion.

I. — GÉNÉRALITÉS SUR LA RÉSISTANCE DE L'AIR.
- Lois admises pour le déplacement orthogonal.
- Conditions physiques.
- Valeurs de Kd.
- Réaction de l'air sur un plan qui fait un angle α avec sa trajectoire.
- Tentative pour séparer la pression à l'avant et l'aspiration à l'arrière.

II. — RÉSISTANCE A L'AVANCEMENT.
- Évaluation de la résistance.
- Diminution de la résistance.
- Tangage et couple de rappel.
- Forme à donner au ballon proprement dit.

III. — PROPULSION.
- Expériences de Chalais.
- Appareil de M. Langley.

TROISIÈME PARTIE

Les moteurs légers.

I. — COMPARAISON ENTRE LA MACHINE A VAPEUR ET LE MOTEUR ÉLECTRIQUE.
- Moteur proprement dit.
- Générateur.
- Conclusion.
- La machine à vapeur conservera sa supériorité.

II. — MOTEURS AÉROTHERMIQUES ET A HYDROCARBURES.
- Moteurs aérothermiques.
- Moteurs à hydrocarbures.
- Résumé.

LE PROBLÈME

DE

LA DIRECTION DES BALLONS

PAR

M. Rodolphe SOREAU

Messieurs,

Après plusieurs années de laborieuses recherches, le commandant Renard, directeur de notre Établissement central d'aérostation militaire, est, nous assure-t-on, à la veille d'expérimenter un ballon dirigeable (1) capable d'évoluer dans les airs pendant une dizaine d'heures, avec une vitesse propre d'environ 11 *m* par seconde, soit 40 *km* à l'heure ; la direction des ballons serait donc pratiquement résolue. J'ai pensé, et notre Président a bien voulu m'y encourager, qu'à cette occasion il était peut-être opportun d'exposer devant la Société des Ingénieurs Civils ce problème de la direction, longtemps condamné par la science officielle, et contre lequel il y a tant de préjugés. Au reste, cette question intéresse au plus haut point l'art de l'Ingénieur, et vous avez déjà manifesté à diverses reprises qu'elle ne vous laisse pas indifférents.

(1) La construction de ce dirigeable a été officiellement annoncée à l'Académie des Sciences il y a quelques années.

PREMIÈRE PARTIE

Conditions du problème et tentatives de direction.

Sans la direction, la prétendue conquête de l'air n'est qu'un mot, car l'aérostat, emporté par les courants aériens au gré de leurs caprices, est bien plutôt le prisonnier que le vainqueur des éléments. Aussi l'homme chercha-t-il à diriger le ballon l'année même où il le découvrit : mais, jusqu'à ces derniers temps, toutes les tentatives ont échoué. Faut-il en conclure, suivant la formule qu'on enseignait encore il y a quelques années, « qu'il n'y a pas de point d'appui sur l'air ? » Pour expliquer les insuccès de ces tentatives, il n'y a pas besoin de recourir à cet étrange aphorisme ; il suffit de rechercher les conditions nécessaires imposées par la nature même de la question et par l'état actuel de la science. Je crois utile de dégager dès maintenant ces conditions, dont la connaissance permettra de bien saisir la valeur des essais qui ont été faits et de voir dans quelle voie il convient de rechercher le progrès.

1. — Conditions du problème.

Théorème des vitesses et caractéristique du ballon dirigeable. — Au

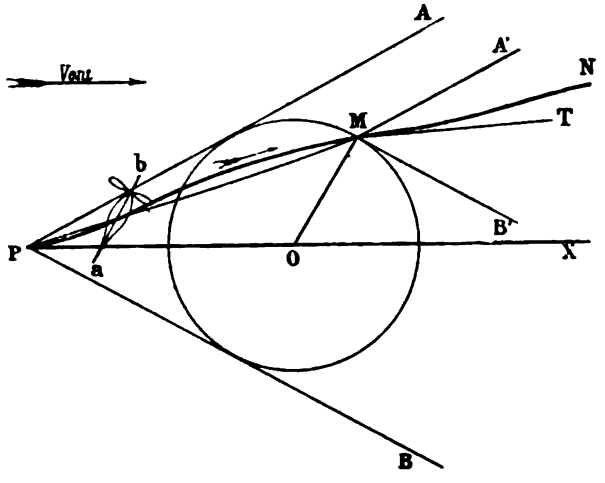


Fig. 1.

point de vue mécanique, le ballon dirigeable diffère de l'aérostat ordinaire par la vitesse propre dont il est animé. Précisons en quoi

consiste au juste cette différence et pour cela supposons les deux ballons côte à côte en un point P *(fig. 1 et 2)*. Tandis que l'aérostat, sorte de bouée entraînée par le vent, parcourt PX et se trouve, au bout de l'unité de temps par exemple, en un point O, le dirigeable parcourt le chemin PM tel que la droite OM soit égale à la vitesse propre du dirigeable et parallèle à la direction *a b* du cap. Quand cette direction change, le point M décrit une circonférence de centre O qui constitue le lieu des points que le dirigeable, parti de P, peut atteindre dans l'unité de temps.

Lorsque la vitesse propre v est inférieure à la vitesse V du vent *(fig. 1)*, la direction PM est forcément comprise dans l'angle APB dont la moitié a pour sinus $\frac{v}{V}$. Dans ce cas, si le ballon change de direction en partant de M, la direction nouvelle est encore comprise dans l'angle A'MB' dont les côtés sont parallèles à ceux de l'angle précédent. Par suite le dirigeable ne peut suivre qu'une courbe PMN telle que la tangente MT en un point quelconque fasse avec la direction du vent un angle dont le sinus soit inférieur à $\frac{v}{V}$.

Au contraire, si la vitesse v est supérieure à V *(fig. 2)*, la route

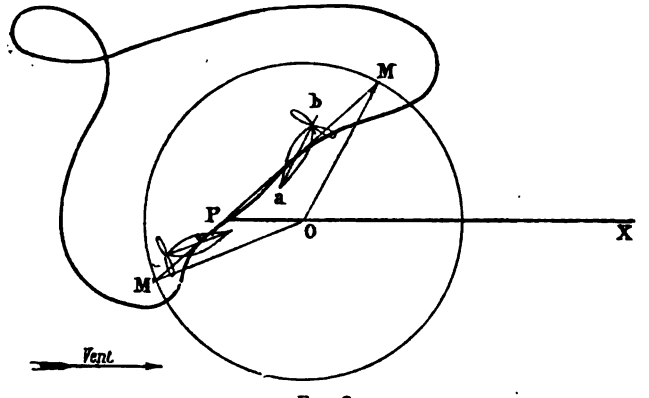


FIG .2.

peut être quelconque puisque la circonférence des points abordables entoure le point de départ et qu'on peut décrire une droite PM dans un sens ou dans l'autre. Il est possible en particulier de décrire une courbe qui se ferme sur elle-même ; inversement, *si le ballon est capable de suivre une courbe fermée*, v est supérieur à V, et par suite *on peut suivre telle route qu'on voudra*. Cette propriété est donc une caractéristique de la dirigeabilité.

De ce qui précède résulte que la direction des ballons est avant tout une question de vitesses. Pour savoir quelle chance on a de conduire en tous sens un aérostat ayant une vitesse donnée, il suffit évidemment de consulter une table de probabilité des vents. Voici un extrait de cette table pour notre région.

VITESSE	PROBABILITÉ D'AVOIR UN VENT INFÉRIEUR A LA VITESSE INSCRITE
—	—
2,50	0,10
5	0,32
10	0,70
20	0,96
30	0,995

Le nouveau dirigeable de Chalais-Meudon pourra donc revenir environ trois fois sur quatre à son point de départ, les ascensions étant faites par des temps absolument *quelconques*. Remarquons en outre que la vitesse et la direction des courants aériens changent avec la hauteur, circonstance qu'on peut utiliser pour augmenter la vitesse de marche et même pour aborder, quand la vitesse est inférieure à celle du vent, des points dont l'accès serait interdit avec un courant unique. Dans ces conditions, on voit que la vitesse de 11 *m* est très généralement suffisante. Avec une vitesse de 20 *m* on pourrait se diriger à son gré, sauf par les vents assez violents pour endommager les toitures. J'ajoute que l'aéronaute, emporté par les courants aériens avec leur propre vitesse, ne s'aperçoit de l'ouragan que par la rapidité avec laquelle la terre est entraînée sous ses pieds.

Tel est le problème, débarrassé des conceptions vagues dont on l'avait entouré. Mais si l'on voit clairement le but qu'il faut atteindre, à savoir une vitesse propre d'au moins 10 *m* pendant un temps suffisant, une demi-journée par exemple, on est moins bien fixé sur les moyens qui doivent sûrement y conduire. Pour découvrir ces moyens, examinons les conditions spéciales dues à la nature du milieu et aux propriétés du mobile qu'on veut y déplacer.

Le milieu est un fluide isolé, et c'est là précisément ce qui distingue la navigation aérienne de la navigation maritime, à laquelle on ne saurait l'assimiler. Le navire, en effet, plonge dans deux fluides, et il se sert de l'un ou de l'autre pour vaincre les résistances que leur ensemble oppose à son déplacement : le voilier a recours à la vitesse du vent, le bateau à vapeur utilise la réaction de l'eau sur un propulseur; au contraire le ballon diri-

geable, plongé dans un seul fluide, doit vaincre la résistance de l'air par la seule réaction de cet air lui-même sur le propulseur. De plus, tandis que le bateau se meut dans un plan horizontal, le ballon est soumis à une perpétuelle instabilité verticale qui complique singulièrement les difficultés de la propulsion. Il y a même de grandes différences entre le cas du dirigeable et celui du bateau sous-marin. L'instabilité verticale est plus gênante pour ce dernier; en effet la moindre variation de poids le fait sortir de sa zone d'équilibre et l'entraîne soit au fond, soit à la surface : on sait du reste que cette difficulté de se maintenir « entre deux eaux » est la pierre d'achoppement de la navigation sous-marine. Au contraire, l'aéronaute ne peut quitter le fluide où il se meut que par un alourdissement du ballon, et dans ce cas le lest lui donne un moyen rapide et simple d'enrayer la descente. Par contre, l'incompressibilité de l'eau est favorable à la mise en œuvre du propulseur qui trouve un point d'appui efficace, tandis que l'hélice aérienne mord dans un milieu d'une désespérante mobilité.

Légèreté du moteur. — Il faudra donc développer un grand nombre de chevaux sur l'arbre de cette hélice. Mais comme le ballon demande au moins 1 m^3 par kilogramme à enlever, on s'aperçoit, dès qu'on établit un projet de ballon dirigeable, qu'il est nécessaire d'obtenir la force à un poids beaucoup moindre que dans les moteurs de construction courante. Ainsi la condition qui domine le problème est la découverte d'un moteur à la fois puissant et léger; et si l'on considère (ce que j'établirai plus loin) que le travail à développer varie comme le cube des vitesses, on conçoit la nécessité absolue, dans l'état actuel de la question, non seulement d'imaginer un moteur léger, mais encore de réduire à leur minimum les résistances à l'avancement.

Diminution des résistances à l'avancement. — Pour diminuer ces résistances, il faut évidemment allonger le ballon dans le sens de la marche. Mais les effets de cet allongement ne se feront sentir que si l'étoffe est toujours parfaitement tendue : autrement des poches se formeront à l'avant, au point où la résistance sera maximum, et l'air, au lieu de glisser sur l'étoffe, s'arc-boutera en quelque sorte contre le ballon, augmentant la résistance du simple au décuple, compromettant la stabilité, et pouvant même étrangler l'enveloppe dans les mailles du filet.

Mais ce n'est pas la seule condition qu'il soit nécessaire de remplir. Supposons un ballon dirigeable dont l'axe coïncide

avec la direction du mouvement quand il marche à une vitesse déterminée. Le moteur étant dans la nacelle, il est clair que si le système ballon-filet-nacelle ne forme pas un tout rigide, les suspentes ne travaillent pas également ; ce travail varie quand les vitesses changent, et baisse ou relève la pointe avant suivant qu'il y a ralentissement ou accélération (à moins que l'axe de propulsion ne passe par le centre d'inertie). Si le système est rigide, cette baissée ou cette relevée se produit encore, mais il y a dans ce cas un avantage capital. Supposons, en effet, que la proue se relève : le dessous du ballon offre au courant plus de surface à l'avant et moins de surface à l'arrière ; d'autre part le gaz se précipite vers la proue ; pour ces deux raisons, la déformation du système due à la variation de vitesse tend à s'accentuer. Mais lorsque la liaison est rigide et la permanence de formes assurée, le système constitue une sorte de bloc ; et comme le centre de gravité est toujours au-dessous du point d'application de la force ascensionnelle, il suffit de quelques oscillations pour éteindre la rotation.

Le mouvement de tangage peut encore être produit par une cause dont on ne s'est pas suffisamment préoccupé : je veux parler de l'instabilité verticale. S'il se produit une rupture d'équilibre qui donne par exemple une vitesse ascendante *v (fig. 3)*, cette vitesse se compose avec la vitesse V du ballon et la résistance à l'avancement s'exerce suivant la direction α, ce qui augmente beaucoup la résistance et peut amener de graves complications avec des ballons très allongés. Or les fuites inévitables de gaz, les perpétuels changements dans l'état de l'atmosphère, les variations du rayonnement solaire, etc., modifient à chaque instant l'équilibre vertical. Au lieu des moyens rudimentaires habituels, manœuvre de soupape et projection de lest, qui, du reste, ne corrigent le déplacement qu'après qu'il s'est produit, il faudrait une disposition automatique qui est encore à trouver. Toutefois il est juste de remarquer qu'en augmentant la vitesse propre on assurera de plus en plus la stabilité dans le plan horizontal, de sorte que la disposition automatique désirée n'est réellement très utile qu'aux faibles vitesses qui marque-

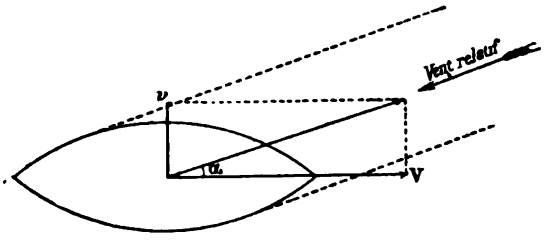


Fig. 3.

... pendant quelques années encore les débuts de la navigation ...

... est clair que, de leur côté, la nacelle et le filet doivent ... contribuer par leur forme et leur disposition à diminuer les résis... à l'avancement. S'il n'y a pas à imposer de prescription ... à leur égard, il n'en est pas moins très utile d'étudier ... forme avec le plus grand soin ; je montrerai plus loin quelle ... importance elles ont dans la répartition des résistances.

... résume, pour qu'on ait quelques chances de vaincre la ... à l'avancement, il faut, indépendamment d'un moteur ... 1° un ballon allongé ; 2° l'invariabilité de formes ; 3° la ... du système ; 4° l'équilibre vertical ; 5° une nacelle et un ... de formes et de dimensions convenables.

Stabilité de route. — Toutes ces précautions resteraient sans effet ... on ne prenait soin d'assurer la stabilité de route. Il faut donc ... conditions précédentes en ajouter de nouvelles plus impor... encore. On essaie d'obtenir la stabilité de route à l'aide ... gouvernail qui de plus donne, ainsi que dans les bateaux, ... moyen simple de modifier la direction suivie. Il est clair que ... gouvernail, quelles que soient ses dimensions et sa distance à ... verticale qui passe par le centre d'inertie du système, serait ... puissant si la résistance variait à chaque instant : tel serait le ... avec un dirigeable incomplètement gonflé. Ainsi la perma... de forme doit être considérée comme un moyen non seule... de diminuer la résistance à l'avancement, mais *surtout* d'as... l'efficacité du gouvernail.

... ballon fut-il maintenu constamment gonflé qu'il n'échapperait ... aux fréquents mouvements giratoires des aérostats ... s'il affectait la forme sphérique de ces derniers : en ... la plus petite variation qui détruirait la symétrie de cette ... suffirait à provoquer la rotation autour de l'axe. L'allon... du dirigeable, en même temps qu'il réduit la résistance, ... donc de gouverner en route en diminuant la fréquence ... mouvements giratoires et aussi en augmentant l'efficacité du ... gouvernail qu'il éloigne du centre d'inertie.

... la stabilité de route est obtenue par des conditions déjà ... Toutefois ces conditions ne sont pas toujours suffisantes, ... particulier quand la vitesse relative change fréquemment ... ; il se produit alors des embardées, des tête-à-queue ... lesquels le gouvernail reste impuissant. Je serai amené

à montrer comment on peut demander au ballon de contribuer par sa forme même à assurer la stabilité de sa route.

Si j'ajoute que plus le ballon est grand, plus on a de chances de parvenir à le diriger, — puisque d'une part, pour deux ballons géométriquement semblables, la force ascensionnelle par unité de volume est plus considérable pour le grand ballon, et que d'autre part le poids du cheval diminue avec la force à donner aux machines, — j'aurai exposé les principales conditions qui doivent présider à la construction des ballons dirigeables. Je les ai groupées dans le tableau suivant :

Légèreté du moteur

Diminution des résistances à l'avancement.	Ballon allongé; Invariabilité de formes; Rigidité du système; Équilibre vertical; Nacelle et filet de formes et de dimensions convenables.
Stabilité de route . .	Allongement du ballon et rigidité du système; Gouvernail; Forme du ballon.

2. — Tentatives de direction.

Examinons maintenant les tentatives qui méritent de fixer l'attention. Dans cet examen forcément rapide je serai très sobre de détails et je chercherai surtout à mettre en lumière si et comment les conditions précédentes ont été réalisées. Autant que possible je les examinerai dans l'ordre où elles figurent au tableau.

Général Meusnier. — Le véritable précurseur de la direction des ballons est le général Meusnier, ce savant dont Monge a pu dire : « C'est l'intelligence la plus extraordinaire que j'aie jamais rencontrée. » Dans une série de Mémoires écrits à partir de 1783, Meusnier établit un projet de dirigeable qui du reste ne put recevoir, à ces époques troublées, le moindre commencement d'exécution ; il eût d'ailleurs été difficile de mener à bien ce ballon gigantesque, sorte d'œuf de 200 000 m^3.

Trois particularités caractérisent ce projet : 1° le propulseur, formé d'ailes tournantes qui constituaient une véritable hélice ; de sorte que, suivant la remarque du colonel Laussedat, Meusnier aurait pensé, bien avant Sauvage, à employer l'hélice pour la navigation (1) ; 2° la forme ellipsoïdale du ballon ; 3° la pré-

(1) J'ajoute que l'idée d'employer pour la navigation des appareils qui rappellent l'hélice est antérieure à Meusnier ; M. Hureau de Villeneuve l'a trouvée dans les manuscrits de Léonard de Vinci.

sence, à l'intérieur de l'enveloppe, d'une poche dans laquelle on pouvait aspirer ou comprimer l'air atmosphérique. Cette sorte de vessie natatoire avait pour but de réaliser les mouvements de montée et de descente, sans perte ni de lest ni de gaz ; Meusnier comptait ainsi trouver un courant aérien conduisant à peu près dans la direction voulue, puis passer à un autre courant afin de corriger l'écart dû au premier, et ainsi de suite, de façon à suivre par une série de zig-zags à peu près telle route qu'il voudrait. Il n'attaquait donc pas le problème de front, et dans son esprit le propulseur, mû à bras d'hommes, ne devait jouer un rôle qu'à l'atterrissage.

Henri Giffard. — La première expérience rationnelle n'eut lieu qu'un demi-siècle après la mort de Meusnier. Elle fut exécutée par un homme dont il est superflu de faire ici l'éloge, et dont l'esprit, à la fois inventif et hardi devait être attiré par la grandeur du problème.

Le ballon qu'Henri Giffard construisit en 1852 *(fig. 4)* avec

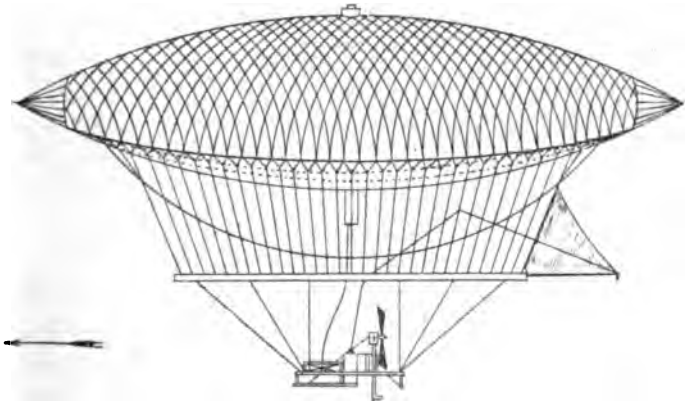


Fig. 4.

l'aide de MM. David et Sciama, ingénieurs des Arts et Manufactures, réalisait les conditions suivantes :

1° Comprenant l'impuissance d'un propulseur mû à bras d'hommes, Giffard résolut d'employer la machine à vapeur, alors dans toute sa gloire. L'installation d'un pareil moteur au-dessous d'un réservoir contenant 2 500 m^3 de gaz d'éclairage constituait un danger qui ne le retint pas. Il se contenta de placer le foyer à l'intérieur d'une chaudière à double enveloppe, et de faire évacuer les gaz par une cheminée descendante où la vapeur s'élançait avec force à sa sortie du cylindre : grâce à ce tirage

énergique, les gaz de la combustion, déjà refroidis par leur passage dans l'enveloppe, étaient appelés dans la cheminée, où la détente de la vapeur abaissait encore leur température, les purgeait d'étincelles, et les projetait rapidement à l'arrière de façon à aider au mouvement de propulsion. La machine était à cylindre vertical ; elle réalisait déjà une partie des progrès qu'en dix années, de 1851 à 1861, cet inventeur de génie fit accomplir à la machine à vapeur (1) ; sa force était de 3 *chx* et son poids de 150 *kg* avec la chaudière vide ; ses approvisionnements avaient un poids double. La bielle du moteur actionnait à raison de 110 tours par minute une hélice à trois branches de 3,40 *m* de diamètre ;

2° Le ballon était un fuseau à pointes aiguës qui présentait assurément une forme plus logique que l'ellipsoïde. Il mesurait 44 *m* de pointe à pointe ; l'allongement, c'est-à-dire le rapport de de la longueur à la hauteur maximum, était de 3,6 ;

3° Le filet embrassait toute la partie supérieure presque jusqu'aux pointes ; un peu au-dessous de l'équateur les mailles s'épanouissaient en pattes d'oie afin de mieux répartir les pressions sur l'enveloppe ; de ces pattes partaient des suspentes supportant une longue quille horizontale de 20 *m* à laquelle la nacelle était suspendue ; la suspente arrière servait de hampe au gouvernail. La soupape placée au sommet du ballon pouvait être ouverte par une corde qui traversait la manche d'appendice, située sur la même verticale.

« Je suis parti seul de l'Hippodrome, écrit Giffard. Le vent soufflait avec une assez grande violence. Je n'ai pas songé un seul instant à lutter directement contre le vent ; la force de la machine ne me l'eût pas permis, cela était prévu d'avance et démontré par le calcul ; mais j'ai opéré avec le plus grand succès diverses manœuvres de mouvement circulaire et de déviation latérale. L'action du gouvernail se faisait parfaitement sentir, et et à peine avais-je tiré légèrement une de ses deux cordes de manœuvre que je voyais immédiatement l'horizon tournoyer autour de moi... Cependant la nuit approchait... Je m'occupai de

(1) Frappé du poids et des dimensions des moteurs qu'on construisait alors, Giffard s'appliqua à les réduire : à cet effet il diminua le volume du cylindre, augmenta la pression de la vapeur et l'énergie de la combustion par le tirage forcé, décupla la vitesse du piston, allégea le volant, et obtint ainsi une machine à grande vitesse, légère, peu encombrante, qui produisit une véritable révolution dans l'industrie. Elle valut à son auteur une médaille de 1re classe à l'Exposition de 1851, et en 1859 le prix de Mécanique de la fondation Montyon, qui avait déjà récompensé les travaux de Poncelet, de Girard, de Triger, etc...

regagner la terre, ce que j'effectuai très heureusement dans la commune d'Elancourt, près Trappe. »

Après cette belle expérience, Giffard chercha à faire un nouveau pas en avant. Il construisit un aérostat de 3 200 m^3 ayant une longueur de 70 m, ce qui correspond à un allongement de 7, sensiblement double du précédent *(fig. 5)* (1) ; la quille fut rem-

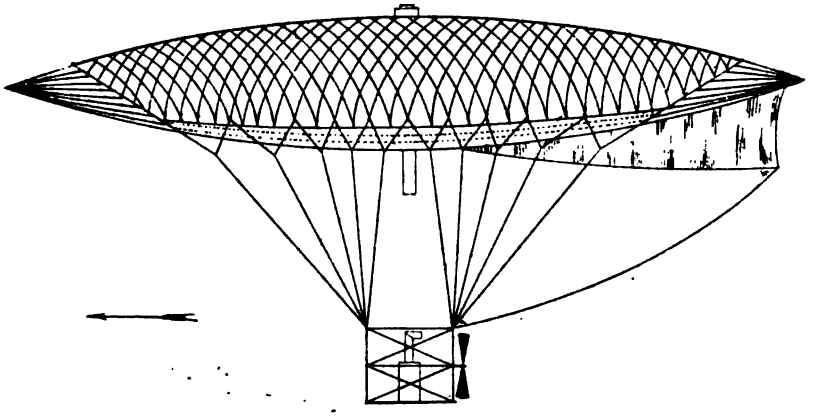


Fig. 5.

placée par une traverse en bois placée suivant le méridien supérieur dont elle épousait la forme, ce qui ne me semble pas constituer un perfectionnement sur la disposition primitive ; enfin, le moteur et le gouvernail subirent d'heureuses modifications. Toutefois, Giffard ne vit pas que l'allongement considérable qu'il avait adopté exigeait des précautions toutes spéciales. Aussi l'expérience de 1855, faite en compagnie de M. Gabriel Yon par un vent de 4 m, donna-t-elle de moins bons résultats que la première ; elle faillit même se terminer par une catastrophe : à l'atterrissage, le ballon se redressa, s'échappa du filet et, après une nouvelle ascension, retomba coupé en deux morceaux. Ce que le choc avait produit à terre, une variation brusque dans la vitesse du vent pouvait le déterminer à plusieurs centaines de mètres !

D'après ce que j'ai dit sur les conditions qu'un ballon dirigeable doit remplir, on voit que les deux grands défauts des ballons Giffard étaient de ne réaliser ni la permanence de formes ni la rigidité du système ; de plus, étant donnée la faible puissance du moteur, il eût été nécessaire de chercher à obtenir la stabilité

(1) Afin qu'on puisse mieux comparer les différents ballons dirigeables, les dessins les représentent tous à une même échelle ; toutefois, les nécessités de la mise en page ont conduit à réduire du quart le dessin du second ballon Giffard.

verticale, surtout avec le second ballon. Un seul de ces défauts aurait empêché le succès. Comme défauts accessoires je citerai les suivants : le capitonnage du filet diminuait singulièrement les avantages de l'allongement au point de vue de la résistance ; la dépense d'eau et de combustible produisait un délestage continu que ne compensaient pas les pertes inévitables de gaz ; enfin l'emploi du gaz d'éclairage n'était pas heureux, et les difficultés du problème sont assez grandes pour qu'on n'hésite pas à gonfler à l'hydrogène.

Quoi qu'il en soit, Giffard, qui rêvait de conduire la première locomotive aérienne, aura du moins eu la gloire de construire et de monter le premier aérostat qui puisse se revendiquer des ballons dirigeables. Il avait conçu le projet grandiose d'un ballon gigantesque de 50 000 m^3 ; le moteur devait avoir deux chaudières, l'une à gaz du ballon, l'autre à pétrole. J'aurai l'occasion, dans l'étude des moteurs légers, de dire quelques mots de ce système. Le million destiné à cette expérience était mis de côté, les plans étaient prêts, quand Giffard, frappé de cécité, dut renoncer à ses travaux. Avant de se donner la mort, l'éminent ingénieur voulut encore servir la science en la faisant profiter de la grande fortune que lui avait donnée toute une vie de labeur.

Dupuy de Lôme. — Les travaux de Giffard ne changèrent pas l'opinion du public qui continua, sauf quelques rares exceptions, à considérer la direction des ballons comme une utopie. Telle était l'opinion officielle quand, le 10 octobre 1870, en pleine Académie des Sciences, un homme considérable, Dupuy de Lôme, affirma avec une conviction communicative qu'il se chargeait de construire un ballon dirigeable et de rétablir, par-dessus le cercle

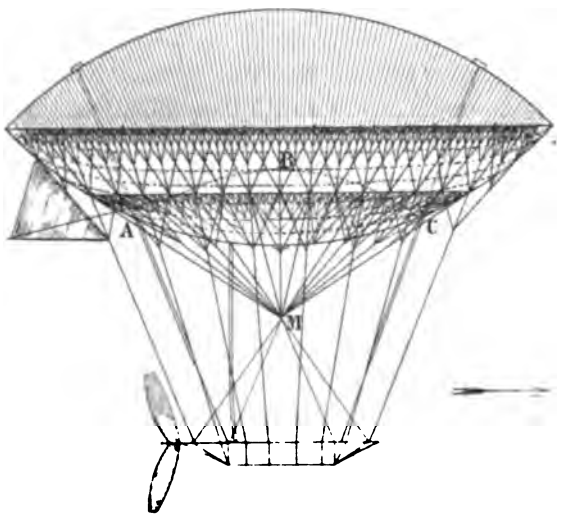


Fig. 6.

de fer qui étreignait Paris, la réciprocité des relations entre la France et sa capitale. Fallait-il douter de l'Ingénieur qui avait construit le premier cuirassé et qui passait à bon droit pour une des illustrations du siècle ? Un crédit de 40 000 *f* fut mis à sa disposition ; mais la désorganisation de l'industrie, les rigueurs de l'hiver, le manque de ressources, rendirent la construction très lente, et le dirigeable fut prêt quelques jours seulement avant la capitulation. Il se caractérisait par les dispositions suivantes *(fig. 6)* :

1° Le propulseur était une hélice à deux branches, mue par un treuil actionné par huit hommes ; elle avait 6 *m* de diamètre ;

2° Le ballon, qui mesurait 3 600 m^3, avait une forme analogue à ceux de Giffard, mais un allongement de 2,5 seulement ; sa longueur était de 36 *m* ;

3° La rigidité du système avait été obtenue très simplement en reliant un point P de la nacelle *(fig. 7)* à deux points A et B du

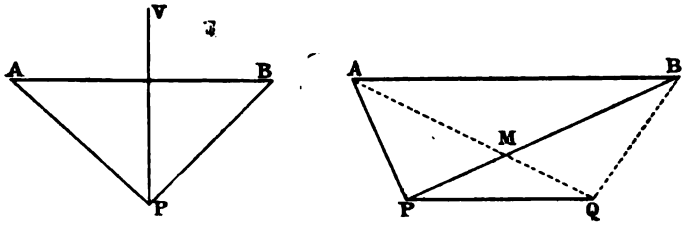


Fig. 7.

ballon, de façon que la verticale PV fût toujours comprise à l'intérieur de l'angle APB quand le système venait à s'incliner pour une cause quelconque. Dans ces conditions, le poids de la nacelle tend les deux cordages, et le système possède la même rigidité que s'il était formé de barres métalliques solidement rivées à leurs articulations. Les suspentes extérieures AP, BQ constituaient le filet porteur ; elles partaient d'une collerette qui suivait le méridien horizontal. Les suspentes intérieures AQ, BP formaient le filet des balancines ; elles s'attachaient à une seconde collerette, située au quart environ de la hauteur totale, de façon à être tangentes au ballon. Le point de croisement M avait été relevé pour ne pas gêner les aéronautes. Le grand ingénieur a magistralement exposé les avantages de ces deux filets, dont la combinaison porte bien l'empreinte de son talent ;

4° Dupuy de Lôme, réinventant le ballonnet à air de Meusnier, dont les Mémoires étaient oubliés dans les archives de l'école de Metz, divisa le ballon en deux compartiments à l'aide d'un dia-

phragme ABC qui s'appliquait exactement sur la partie inférieure du dirigeable quand celui-ci était complètement gonflé. Pour assurer l'invariabilité de formes, il suffisait d'insuffler de l'air avec un ventilateur dans le tuyau qui relie le ballonnet à la nacelle. Si l'air insufflé était en trop grande quantité, il s'échappait par la soupape située à la partie inférieure du ballonnet avant d'avoir acquis une pression suffisante pour chasser l'hydrogène par les pendentifs qu'on voit à droite et à gauche du ballon; c'est dans ces pendentifs que passaient les cordes servant à manœuvrer les deux soupapes du ballon à hydrogène. Un calcul simple détermine les dimensions qu'il faut donner au ballonnet pour que le dirigeable, après s'être élevé à une hauteur déterminée, puisse être maintenu complètement gonflé jusqu'à l'atterrissage (1);

5° Enfin, la résistance à l'avancement avait été diminuée par la substitution au filet d'une housse d'où partaient les balancines, et par l'adoption d'une longue nacelle terminée par une proue et une poupe recouvertes de toile.

Ce ballon, très bien étudié au point de vue de la stabilité, présente le défaut capital d'avoir une force motrice absolument insuffisante. Dupuy de Lôme le comprit. « Si l'on parvenait, écrivait-il, à se mettre bien à l'abri des dangers que présente une machine à feu portée par un ballon à hydrogène, on ferait facilement une machine de 8 *chx* avec le poids des 7 hommes dont on pourrait diminuer le chiffre de l'équipage... Le travail moteur serait ainsi de 500 *kgm*, c'est-à-dire dix fois plus grand... Le combustible et

(1) Soit p la pression de l'air à cette hauteur. Le diaphragme est alors appliqué sur la calotte inférieure et l'hydrogène occupe le volume total V de l'aérostat. A la descente, le gaz se contracte et occupe un volume $\frac{V}{n}$ à la pression np. Pour que l'enveloppe ne puisse pas devenir flasque, il faut évidemment que ce volume reste toujours supérieur au volume $V - v$ auquel se trouve réduite la chambre à hydrogène quand le ballon à air v est complètement gonflé. Par suite,

$$\frac{V}{n} > V - v$$

la valeur maximum de n a donc pour inverse :

$$\frac{1}{N} = 1 - \frac{v}{V}.$$

Or, cette valeur maximum correspond à la pression P à terre; par conséquent, il ne faut pas dépasser l'altitude pour laquelle la pression est :

$$p = \left(1 - \frac{v}{V}\right)P.$$

En prenant $\frac{v}{V} = \frac{1}{10}$, comme dans l'aérostat de Dupuy de Lôme, on en déduit par les tables barométriques que la hauteur maximum est de 860 m environ. Si on dépassait cette altitude, il faudrait cracher trop d'hydrogène à la montée, et il y aurait alors à la descente, depuis une certaine hauteur jusqu'au sol, toute une région dans laquelle le ballon serait flasque.

au d'alimentation pourraient être prélevés sur le lest de consommation. On obtiendrait ainsi un appareil capable, non seulement de se dévier d'un angle considérable par des vents ordinaires, mais ayant même assez souvent faire route par rapport à la terre dans toutes les directions qu'il faudra suivre ».

On peut aussi reprocher à Dupuy de Lôme le faible allongement de son ballon ; tandis que Giffard n'avait pas craint de donner au sien de 1855 un allongement de 7, et cela sans précautions spéciales, Dupuy de Lôme, avec un ballon remarquablement rigide, se contenta de 2,5 ; un allongement double, complété par un moteur de 8 chx, aurait certainement donné de très beaux résultats. Ajoute que le ballonnet n'était pas fait, comme on l'a dit, pour y comprimât de l'air afin d'éviter l'emploi des soupapes du ballon à hydrogène ; ses parois n'avaient pas été établies en vue supporter de grandes pressions, et la soupape inférieure était placée de façon à évacuer l'air dès que sa pression dépassait un celle de l'atmosphère.

L'expérience eut lieu à Vincennes au commencement de 1872 ; aventeur était accompagné de M. Zédé, Ingénieur des constructions navales, et de M. Yon. Malgré un vent de 12 *m* et quelques accidents de route, on put obtenir une déviation de 12° ; l'anémomètre, immobile tant que l'hélice était stoppée, tournait dès qu'on la mettait en mouvement. La stabilité fut parfaite ; suivant le rapport de Dupuy de Lôme « la nacelle n'éprouvait *aucune* oscillation sous l'action de huit hommes travaillant au treuil de l'hélice, et l'on pouvait se porter facilement plusieurs personnes à la fois à gauche et à droite, ou de l'avant à l'arrière, sans qu'on aperçut d'aucun mouvement, pas plus que sur le parquet d'un salon. Evidemment, le centre de gravité se déplaçant, il y avait un petit changement de degré dans la verticale de tout le système, ballon et nacelle ; mais il était impossible d'apercevoir un mouvement relatif de la nacelle par rapport au ballon, ni rien d'analogue aux oscillations d'une embarcation flottante dont l'équipage se déplace. »

Bien que Dupuy de Lôme n'ait pu remonter le courant, en raison de l'insuffisance du moteur, ses travaux ont eu pour résultat, suivant l'expression même de la Commission de savants institués pour assister à son expérience, « de faire sortir la question du cercle dans lequel elle avait été maintenue jusqu'alors et de servir de point de départ nécessaire à tout ce qu'on voudrait continuer dans ce sens. »

MM. Tissandier. — Il semblait qu'avec Dupuy de Lôme, l'Aéronautique avait dit son dernier mot; mais un élève de Giffard, héritier de la foi et de l'énergie du maître, résolut d'entreprendre de nouveaux essais avec une machine dont on attendait alors toutes sortes de merveilles, le moteur électrique. Il est évident du reste que la dynamo, qui fonctionne sans feu et sans variation de poids, n'est pas sans avantages au point de vue aérostatique.

Les caractéristiques du ballon que M. Gaston Tissandier construisit avec la collaboration de son frère Albert étaient les suivantes *(fig. 8)* :

1° La dynamo était du type Siemens ; on l'actionnait avec une pile au bichromate de soude, très ingénieusement disposée de façon à réduire les poids et à obtenir un grand débit. Le moteur pesait 55 *kg* et les piles 225, y compris le liquide pour les faire fonctionner pendant 2 heures et demie. On pouvait obtenir 1,33 *ch* sur l'arbre de la machine, ce qui met le poids moyen du cheval-heure pendant cette durée à un peu plus de 150 *kg*. L'hélice était à deux branches et n'avait que 2,80 *m* de diamètre ; elle était commandée par une transmission au 1/10e : c'est là un inconvénient inhérent à la nature même du moteur ;

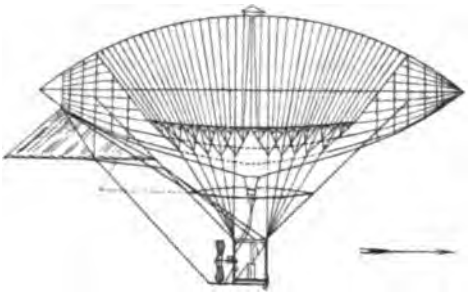


Fig. 8.

2° Le ballon était un fuseau de 1 000 m^3 ayant 28 *m* de longueur et 3 d'allongement ; il était muni d'une soupape automatique à sa partie inférieure ;

3° Il était recouvert d'une housse terminée par deux brancards de bois flexibles d'où partaient les cordes de suspension. Celles-ci étaient reliées par une couronne en cordage ayant pour but de répartir également la traction ; ce dispositif ne donne certainement pas une répartition absolue : je crois cependant qu'il avait une certaine efficacité.

La grande faute de MM. Tissandier est de n'avoir pas profité des travaux de Dupuy de Lôme pour assurer la rigidité de la suspension et l'invariabilité de formes. Enfin, pas plus que leurs prédécesseurs, ils ne se préoccupèrent de maintenir rigoureusement le ballon dans un plan horizontal ; il est vrai qu'avec le moteur élec-

trique ils n'avaient plus, comme Giffard, le délestage dû à la dépense d'eau et de combustible ; mais cette cause d'instabilité n'est malheureusement pas la seule.

A l'ascension de 1883 le ballon, monté par les deux frères, fit d'abord bonne contenance. Parti de terre avec un vent nul, il trouva à l'altitude de 500 *m*, comme cela arrive généralement, un vent de 3 *m* contre lequel il put un moment tenir tête. C'est ainsi qu'il stationna quelques secondes au-dessus du bois de Boulogne, mais il fut ensuite agité de mouvements giratoires d'autant plus violents qu'on cherchait davantage à couper le courant. Les aéronautes en conclurent que le gouvernail n'était pas suffisamment efficace.

A l'ascension de 1884 le moteur donnait 1,5 *ch* et le gouvernail, de dimensions un peu plus grandes, était placé tout à fait à l'arrière, de telle sorte qu'il dépassait la poupe ; la partie triangulaire voisine du ballon constituait une sorte de quille immobile ; on déplaçait la partie arrière à l'aide de deux drisses passant sur des poulies (1). Le vent était d'environ 3 *m* à la seconde et la vitesse propre du ballon de 4 *m*. Après avoir sensiblement suivi la ligne du vent, dont quelques manœuvres de gouvernail l'écartèrent un

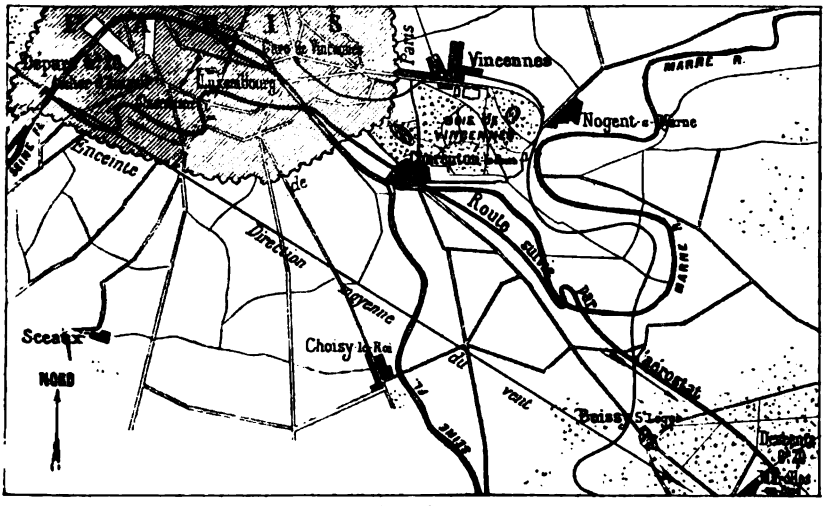


FIG. 9.

peu (*fig. 9*), le ballon, décrivant une demi-circonférence, se trouva vent debout, et put naviguer ainsi pendant plus de dix minutes

(1) Ce gouvernail est dessiné en traits pleins sur la *fig. 8* ; des traits pointillés représentent le gouvernail de 1883.

au-dessus du quartier de Grenelle ; il renouvela avec le même succès cette expérience au-dessus de l'Observatoire ; enfin, avant d'atterrir, le vent ayant beaucoup diminué de vitesse, il put remonter le courant avec une plus grande facilité. « Si nous avions eu encore une heure devant nous, a écrit M. G. Tissandier, il ne nous aurait pas été impossible de revenir vers Paris. »

Ainsi, à trois reprises, et pendant quelques minutes chaque fois, MM. Tissandier ont été vainqueurs des éléments ! C'était un beau résultat si l'on songe aux difficultés rencontrées dans cette entreprise. Le projet primitif comportait un volume de 3 000 m^3 et devait coûter 200 000 *f*. MM. Tissandier firent appel au public, aux Sociétés savantes, et reçurent 4 000 *f* à peine ! C'est là un signe des temps qui montre bien en quelle défaveur était la recherche de la direction des ballons. Livrés à leurs seules ressources, ils durent réduire à 1 000 m^3 le volume de l'aérostat ; M. G. Tissandier obvia en partie aux inconvénients d'un volume aussi réduit en trouvant le moyen de préparer industriellement de l'hydrogène très pur qui possédait la force ascensionnelle remarquable de 1,18 *kg* par mètre cube.

Bien qu'une expérience autrement concluante ait été faite à Chalais avant l'ascension de 1884, la Science n'oubliera pas la grandeur de l'effort fait par MM. Tissandier et leur beau désintéressement. Patriotiques promoteurs de l'aérostation militaire en 1870, ces deux hommes de cœur gagnaient un titre de plus à la reconnaissance de leur pays.

3. — Les expériences de Chalais-Meudon.

Ascensions du ballon « la France ». — C'est entre les deux ascensions de MM. Tissandier qu'eut lieu la belle expérience des capitaines Renard et Krebs. Le 9 août 1884, « date désormais mémorable » suivant les paroles d'Hervé-Mangon à l'Institut, le ballon *la France*, ayant à son bord ses deux inventeurs, partait des ateliers militaires de Chalais-Meudon par un temps calme, évoluait avec la plus grande docilité dans le voisinage de l'établissement, puis rentrait à Chalais où il descendait sur la pelouse même du départ, malgré les écueils dont elle est entourée *(fig. 10)* : il avait parcouru 7,600 *km*, en 20 minutes. « Dès que nous eûmes atteint la hauteur des plateaux boisés qui environnent le vallon de Chalais, dit le commandant Renard, nous mîmes l'hélice en mouvement et nous eûmes la satisfaction de voir le ballon obéir immé-

...ement et suivre facilement toutes les indications du gouver-

Nous sentîmes que nous étions absolument maîtres de notre ...tion, et que nous pouvions ...courir l'atmosphère dans tous ... sens aussi facilement qu'un ... et à vapeur peut évoluer sur ...n calme d'un lac..... Après ... effectué notre virage, nous ...âmes notre cap sur la pe... de départ et nous la vîmes ...nt se rapprocher de nous. ... murs du parc de Chalais fu... de nouveau franchis, et ...re port d'atterrissage apparut ... pieds à 300 *m* au-dessous ...otre nacelle. L'hélice fut ... ralentie et un coup de sou... détermina la descente, pen... qu'à l'aide du propulseur et ...ouvernail le ballon était ...tenu sur la verticale du

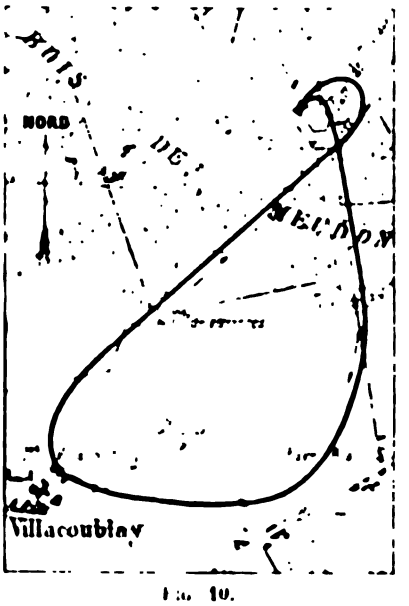


Fig. 10.

...nt on nous attendaient nos amis. Tout se passa suivant nos ...sions, et la nacelle vint se poser doucement sur la pelouse ... elle était partie. »

...tte expérience eut un retentissement considérable et provo... le plus vif enthousiasme. Ce n'était cependant qu'une ascen-

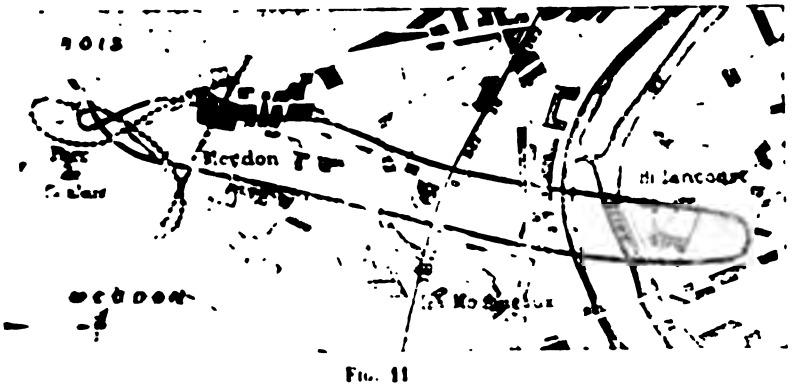


Fig. 11

... d'essai, dans laquelle les aéronautes n'avaient pas osé em... toute leur force motrice, et s'étaient hâtés de rentrer au

port, désireux qu'ils étaient de se donner à eux-mêmes la démonstration pratique qu'ils avaient préparée pour les autres.

Les ascensions ultérieures furent exécutées sur de plus longs parcours et dans des conditions atmosphériques moins favorables.

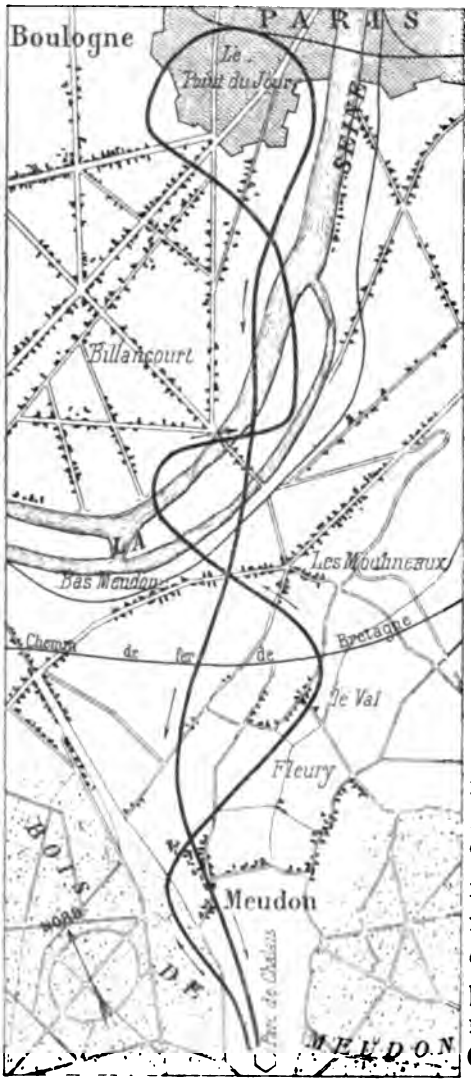


Fig. 12.

La seconde eut lieu le 12 septembre par un vent de 6 *m* contre lequel le ballon lutta sans reculer. Pour remonter le courant, on dut mettre toute la pile en action; mais la machine, tournant avec une énorme rapidité, s'échauffa au point d'obliger à interrompre le courant; au moment où le capitaine Renard manœuvrait le commutateur, l'anneau sautait, et le ballon, désemparé de sa machine, était entraîné sur Vélizy, où l'atterrissage eut lieu sans autre incident.

Cet insuccès, dû à un accident de machine sans importance, fit oublier la brillante démonstration du 9 août, et amena dans l'opinion publique un revirement irraisonné. Il fallait effacer cette mauvaise impression, et un nouvel anneau fut demandé à M. Gramme. Le 8 novembre 1884, le ballon, monté par MM. Renard et Krebs, s'éleva par un fort beau temps et se dirigea vers Boulogne *(fig. 11)*; il vira au-dessus de Billancourt et fut ramené à Chalais avec une grande facilité : sous l'action de la pile entière, on atteignit une vitesse moyenne de 6,30 *m* (la route est représentée par un

trait plein). Dans l'après-midi, les aéronautes firent une nouvelle sortie et se contentèrent, à cause du brouillard, d'évoluer autour du parc sans le perdre de vue (la route est représentée par un trait discontinu) ; la chute d'une partie des fils des balais n'empêcha pas le ballon d'atterrir sur la pelouse des départs, mais la vitesse moyenne descendit à 4 *m*.

Pour éviter d'autres mécomptes, le commandant Renard s'assura la collaboration de M. Gramme, qui construisit un moteur ayant le même poids que l'ancien, mais plus robuste et un peu plus puissant : cette dernière circonstance et l'allègement de diverses parties permirent d'emmener un troisième aéronaute et de se livrer à des mesures de vitesse. Ces expériences se firent en août et septembre 1885 ; je donnerai plus loin les formules auxquelles elles ont conduit ; je me contente d'ajouter ici qu'elles furent exécutées par MM. Charles et Paul Renard, accompagnés de M. Duté-Poitevin, aéronaute civil attaché à l'Établissement militaire de Chalais. La dernière ascension, celle du 23 septembre 1885, faite en présence du ministre de la Guerre, donna le plus long parcours *(fig. 12)* ; le ballon partit vent debout et vint jusqu'à Paris, en décrivant une courbe élégante dont les inflexions régulières prouvent d'une manière frappante la puissance du moteur et la sûreté de la manœuvre. Après avoir franchi les fortifications, il retourna vent arrière à Chalais qu'il gagna en moins d'un quart d'heure ; c'est dans cette ascension que la vitesse moyenne atteignit sa plus grande valeur, soit 6,50 *m*.

Le tableau suivant donne sommairement les sept ascensions du ballon *la France* ; on voit que celui-ci revint cinq fois sur sept au point de départ.

DATES	NOMBRE de TOURS D'HÉLICE par minute	VITESSE moyenne du BALLON	REMARQUES
9 août 1884	42	4m80	Le ballon rentre à Chalais.
12 septembre 1884. .	50	5,70	Avarie de machine ; descente à Vélizy.
8 novembre 1884. .	55	6,30	Le ballon rentre à Chalais.
8 novembre 1884. .	35	4,00	Id.
25 août 1885	55	6,30	Vent de 7m environ ; descente à Villacoublay.
22 septembre 1885. .	55	6,30	Le ballon rentre à Chalais.
23 septembre 1885. .	57	6,50	Id.

Depuis, le commandant Renard n'a pas fait d'autres sorties. Il lui a suffi de démontrer aux gens de bonne foi que la direction des ballons n'est pas une utopie et d'effectuer les mesures utiles à de nouveaux essais. Après ces quelques mois de gloire, Chalais rentra dans le calme, et l'on nous dit qu'il veut y rester, les expériences annoncées pour le printemps prochain devant se faire sans bruit. Tout en appréciant les motifs de cette discrétion, je regretterais pour ma part qu'elle fût aussi complète, et j'émets ici le vœu qu'on donne au public éclairé toutes les explications qui ne constitueront pas un secret intéressant véritablement la défense nationale.

Voyons maintenant comment MM. Renard et Krebs sont parvenus à de tels résultats : « Nous avons été guidés dans nos travaux, disent-ils dans une note à l'Académie des sciences, par les études de M. Dupuy de Lôme relatives à la construction de son aérostat de 1870-1872, et de plus nous nous sommes attachés à remplir les conditions suivantes : stabilité de route obtenue par la forme du ballon et la disposition du gouvernail ; diminution des résistances à la marche par le choix des dimensions ; rapprochement des centres de traction et de résistance pour diminuer le mouvement perturbateur de stabilité verticale ; enfin, obtention d'une vitesse capable de résister aux vents régnant les trois quarts du temps dans notre pays. » Je vais exposer rapidement les moyens employés pour réaliser ces conditions.

Légèreté du moteur. — Le moteur de 1884 était une machine Gramme que le commandant Krebs sut combiner de façon à obtenir une légèreté inconnue jusqu'alors : il avait une force de 8,5 *ch* et ne pesait que 100 *kg*. Le moteur qui le remplaça, et qui fut étudié avec le concours de M. Gramme, donnait 9 *ch* sous le même poids.

Le générateur d'électricité était une pile due aux savantes recherches du commandant Renard (1). On peut assimiler cette pile à un réservoir hydraulique contenant cinq fois plus de liquide que les piles au bichromate, et muni d'un jeu de robinets qui permet d'obtenir soit un débit abondant mais de courte durée, soit un débit faible mais prolongé ; l'expérience a montré qu'il est avantageux de placer ces robinets à 1 volt 25 au-dessous du niveau.

(1) *Les piles légères du ballon dirigeable « la France »*, par le commandant Renard. (Bibliothèque de la *Revue de l'Aéronautique.*)

La grande énergie totale de la pile Renard est due principalement à la substitution de l'acide chromique au bichromate, dont la base alcaline absorbe dans les réactions une portion de la liqueur excitatrice ; cette capacité atteint son maximum quand le rapport du poids de l'acide chromique à celui des acides hydrogénés est égal à 5/6 : elle est alors de 55 watts par décimètre carré de zinc et par heure. La gamme de débit s'obtient par la substitution partielle ou totale de l'acide chlorhydrique à l'acide sulfurique des piles au bichromate : l'énergie totale du mélange ne change pas, mais l'énergie par seconde augmente avec la proportion d'acide chlorhydrique et peut être quintuplée. Enfin, le commandant Renard étudia minutieusement l'influence des formes géométriques et la relation de position des deux électrodes.

Messieurs, il est superflu d'insister sur le mérite d'une pareille découverte qui augmente de moitié la capacité et quintuple la puissance des meilleures piles connues jusqu'à ce jour. C'est surtout à la pile Renard que la Science est redevable des belles expériences dont je vous ai entretenus, et l'on peut dire de cette

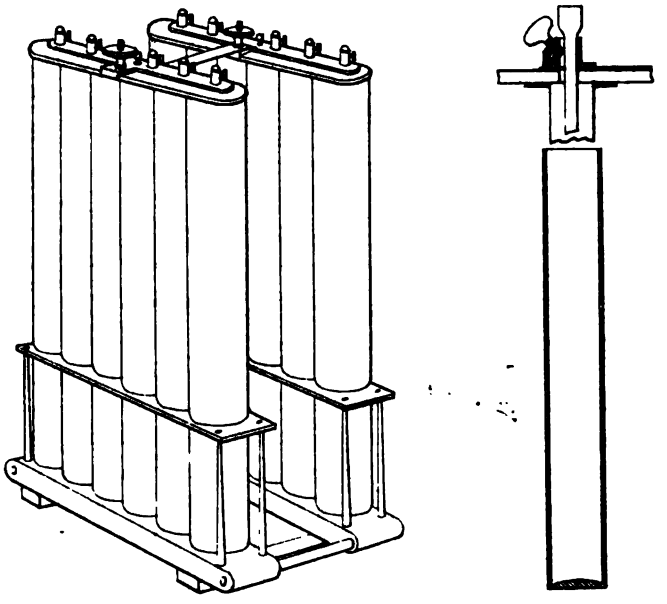


FIG. 13.

pile qu'elle est véritablement l'âme du nouveau dirigeable. J'ai représenté *(fig. 13)* un groupe de douze éléments réunis en sur-

face six par six; ce groupe pèse 10 *kg*, et il en fallait 4 pour obtenir 1 *ch* sur l'arbre. Un crayon de zinc non amalgamé de très faible diamètre est entouré de la pièce polaire positive, formée par un cylindre en argent platiné de 1/10 de millimètre; le tout vient plonger dans un cylindre en verre où se trouve la dissolution d'acide chromique dans la liqueur excitatrice.

Le moteur mettait en marche une hélice à deux branches de 7 *m* de diamètre dont l'arbre creux, d'une longueur d'environ 15 *m*, était installé sur des paliers oscillants maintenus en place par des tendeurs. Cet arbre prenait en tournant de curieux mouvements de flexion qui, d'ailleurs, ne produisaient pas de résistances anormales.

Résistance à l'avancement. — MM. Renard et Krebs étudièrent avec un grand soin les moyens de diminuer la résistance à l'avancement. L'allongement de leur ballon, dont la longueur était de 50,40 *m* et le volume de 1 861 m^3 *(fig. 14)*, égalait presque

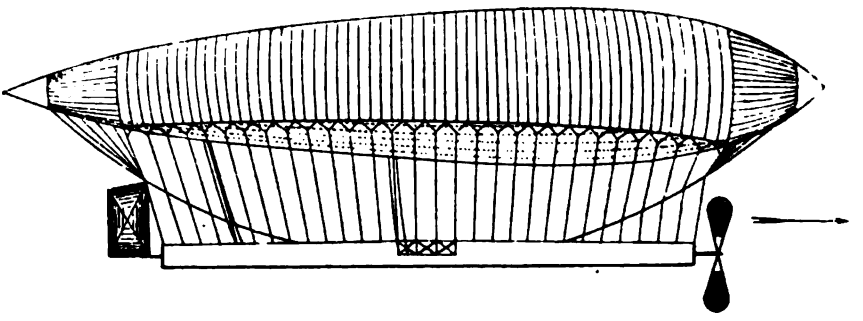


Fig. 14.

l'allongement du second ballon Giffard, mais sans compromettre la sécurité des aéronautes.

Le maître-couple était placé au 1/4 de la longueur à partir de la pointe avant. La méridienne se composait de deux arcs de paraboles ayant pour axe l'intersection du maître-couple avec le plan méridien. Cette forme dissymétrique, adoptée pour la carène des navires, convient également à celle des ballons dirigeables; du reste la nature l'a donnée aussi bien aux oiseaux qu'aux poissons. Pour déterminer approximativement le rapport de la proue à la poupe, les officiers de Chalais construisirent des solides en ébonite de même longueur, mais dans lesquels le maître-couple avait des positions différentes; on les fit tomber dans l'eau avec la même vitesse, et l'on choisit comme modèle du dirigeable celui

dont la descente eut lieu sans mouvements de lacet. Ce n'est là évidemment qu'un moyen de recherches très grossier.

Comme dans le ballon Dupuy de Lôme, un ballonnet à air de dimensions calculées permettait d'assurer l'invariabilité de formes, et une housse remplaçait le filet. Jusqu'alors on avait fait la housse avec des fuseaux semblables à ceux du ballon, ce qui forçait à la consolider par des rubans placés transversalement de façon qu'elle pût travailler dans ce sens ; le commandant Renard la forma de fuseaux transversaux et réalisa ainsi une notable réduction de poids.

La suspension par réseaux triangulaires indiquée par Dupuy de Lôme n'était plus suffisante avec l'allongement choisi ; afin d'éviter le renversement, les officiers de Chalais durent imaginer un autre dispositif dont ils n'ont pas fait connaître les détails, mais dont l'expérience a prouvé l'efficacité. Au lieu de passer par un même point nodal, les balancines furent groupées en deux faisceaux ; elles venaient s'attacher sur deux traversières qui partaient des pointes et s'attachaient vers le milieu de la nacelle. La longueur de celle-ci fut portée à 33 *m*, les suspentes qui la reliaient presque verticalement à la hausse étaient légères et courtes ; elles dessinaient à peu près deux plans parallèles à l'axe. Ce dispositif diminue singulièrement la résistance due aux cordages, qui atteignait *la moitié de la résistance totale* avec le système enchevêtré de Dupuy de Lôme ; de plus, il rapproche le centre de traction et le centre de résistance, et diminue par suite le moment perturbateur de la traction ; mais il diminue en même temps la stabilité du système, puisqu'il rapproche son centre de gravité et celui de la masse d'air déplacée.

La nacelle, formée de quatre bambous reliés par des entretoises en cordelettes de fer, était recouverte de soie parfaitement tendue, ce qui donne une résistance beaucoup moindre qu'avec des parois d'osier par exemple ; elle avait en son milieu une hauteur de 2 *m* et n'était pas accessible sur toute sa longueur ; les aéronautes se tenaient à hauteur des fenêtres ménagées sur les côtés.

Stabilité de route. — La forme dissymétrique du ballon, en éloignant le centre d'inertie de la pointe arrière, augmentait évidemment l'efficacité du gouvernail. Celui-ci était fait de deux étoffes de soie bien tendues sur un même cadre, mais très légèrement éloignées l'une de l'autre, de façon à constituer deux pyramides quadrangulaires de très faible hauteur accolées l'une à l'autre.

Les inventeurs n'ont pas donné les raisons qui leur ont fait adopter cette forme; pour ma part, je la trouve excellente, car elle me semble avoir pour effet de rendre la résistance de l'air sur le gouvernail sensiblement perpendiculaire au cadre, tandis qu'avec la forme ordinaire cette résistance produit, surtout aux grandes vitesses, une concavité plus ou moins accentuée du côté le plus éloigné du ballon, ce qui a pour effet de coucher sur l'axe du dirigeable la résultante de la pression de l'air sur le gouvernail.

De son côté, la dissymétrie du ballon contribue puissamment à assurer la stabilité de route. Soient en effet (*fig. 15*) XX' la route

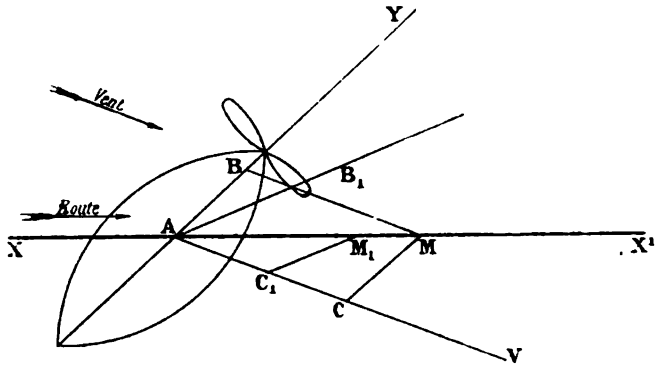


Fig. 15.

suivie, AV la direction du vent, AY celle du vent relatif (qui est celle du cap), AB la longueur figurative de la vitesse propre. En construisant le parallélogramme des vitesses, on trouve qu'il en résulte pour le vent une vitesse AC. Supposons que, brusquement, cette vitesse change et devienne AC_1. Dans l'instant très court qui suit cette variation le dirigeable, en vertu de la vitesse acquise, continue à suivre la route XX'; d'autre part, la vitesse propre conserve la même grandeur, puisque l'hélice continue à faire le même nombre de tours. Si donc nous traçons à partir du point C_1 une droite C_1M_1 égale à CM, nous obtenons la nouvelle direction du vent relatif. Frappé par ce vent relatif AB_1 qui n'est plus dirigé suivant son axe, le ballon se met à tourner autour de la verticale du centre d'inertie de façon à se placer dans la direction du vent comme il y était en AB. Dans quel sens cette rotation se fera-t-elle? La proue se présente au courant tandis que la poupe s'efface; il est donc clair que dans les ballons symétriques (*fig. 16*) la poussée tendra à faire exécuter un tête-à queue d'autant plus rapide que le bras de levier IH sera plus

grand. On peut au contraire combiner les dimensions d'un ballon dissymétrique *(fig. 17)* de façon que la poupe, malgré son efface-

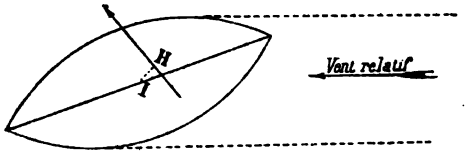


Fig. 16.

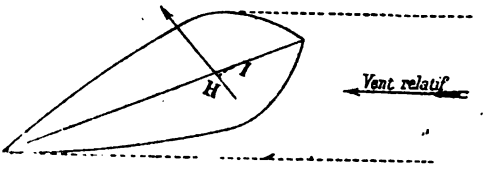


Fig. 17.

ment, reçoive la plus grande partie de l'effort du vent : il suffit pour cela qu'elle ait une longueur suffisante. La pression se présente alors comme l'indique la figure ; il n'y a donc pas à craindre de tête-à-queue, et quelques oscillations mettent tranquillement le ballon dans le nouvel axe du vent relatif.

Enfin, la place de l'hélice à la proue facilite la bonne tenue du dirigeable contre le vent. Quoi qu'on en ait dit, cette position est tout à fait judicieuse. Si l'on avait en effet à rouler sur un mauvais terrain une brouette ayant des brancards et une ossature flexibles, il n'est pas douteux qu'on la traînerait plutôt que de la pousser. Or n'est-ce pas le cas du ballon, machine faite d'étoffe souple, de cordages et d'osier, qui ne parvient à se déplacer dans l'air qu'au prix des plus grands efforts ? Du reste l'hélice placée à la proue a l'avantage de mordre dans un air qui n'a pas encore été troublé par le passage du ballon (1).

(1) On pourrait, il est vrai, reprocher à l'hélice placée à l'avant de donner au fluide que va traverser le ballon une vitesse propre en sens contraire de la marche ; encore faudrait-il être bien fixé sur la variation qui en résulte pour la résistance, car la force centrifuge et la vitesse que prend l'air sous les palettes produisent sans doute une raréfaction suivant l'arbre de l'hélice. Il serait très intéressant de faire des expériences sur ces phénomènes ; je ne serais pas surpris qu'en mettant une hélice de forme et de dimensions convenables à l'avant d'un solide pisciforme *(fig. 18)*, on fut amené à constater une diminution notable de la résistance. Supposons en effet une hélice plus grande que le maître-couple et une proue de faible longueur, de telle sorte que l'air soit raréfié entre

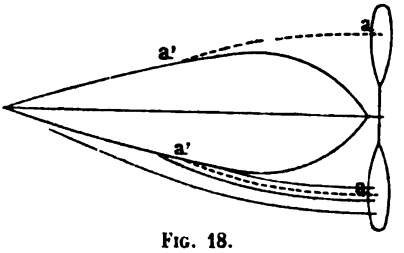


Fig. 18.

Il n'est pas jusqu'à la forme allongée de la nacelle qui ne contribue, en accusant la direction de la résistance minimum, à augmenter la stabilité.

Progrès obtenus et perfectionnements à réaliser. — De cette analyse un peu longue, il résulte que les officiers de Chalais-Meudon ont très heureusement rempli les conditions délicates imposées par la nature du problème. Seule la stabilité verticale n'avait pas été obtenue automatiquement bien que, si j'ai bonne mémoire, le commandant Renard l'eût étudiée autrefois.

Toutefois, on constata à diverses reprises des oscillations verticales de 2 à 3°, qu'on mit sur le compte d'irrégularités de formes ou de courants d'air locaux dans le sens vertical. Je les attribue pour ma part à la trop faible distance entre le ballon et la nacelle, d'où résultait une diminution du couple de stabilité qui devenait impuissant à éteindre par d'imperceptibles oscillations les mouvements de tangage produits par les variations du vent, l'instabilité verticale ou toute autre cause. La comparaison attentive des résistances mesurées dans les ascensions de 1885 avec celles qu'avait prévues Dupuy de Lôme, et qui se trouvèrent vérifiées dans leur ensemble par l'expérience de 1872, m'ont convaincu que les précautions multiples prises à Chalais pour diminuer la résistance à l'avancement n'ont pas donné tout le résultat qu'on pouvait en attendre. Je reviendrai plus loin sur ces considérations.

Pour mesurer les progrès accomplis par MM. Rênard et Krebs, il suffit de jeter un coup d'œil sur le tableau suivant, où j'ai réuni les principales caractéristiques des ballons que nous avons examinés :

les filets *a a'* et comprimé au delà : d'une part la compression sur la proue sera moins grande et d'autre part l'air se refermera plus fortement sur la poupe, ce qui augmentera la récupération à l'arrière du travail dépensé à l'avant. Ainsi, non seulement on n'augmenterait pas la résistance en mettant l'hélice à la proue, mais on la diminuerait. Je dois ajouter qu'aucune expérience ne me met en mesure d'affirmer l'exactitude de ces vues.

Quoi qu'il en soit, le courant de l'hélice ne peut certainement produire qu'un faible accroissement de résistance dans les ballons dirigeables tels qu'on les construit actuellement, c'est-à-dire avec l'hélice sur le prolongement de la nacelle. Il n'y a donc pas d'inconvénient sérieux à la mettre en avant; il y a au contraire un grand avantage à agir de la sorte puisque la bonne tenue dans le sens de la marche en est facilitée.

	VOLUME	ALLONGEMENT	MAITRE-COUPLE	CHEVAUX SUR L'ARBRE	FORCE MOTRICE par 100 m^2 du maître-couple
	m^3		m^2	*chx*	*chx*
Giffard 1852.	2 500	3,6	113	3	2,65
— 1855.	3 200	7	78,5	3	3,82
Dupuy de Lôme	3 600	2,43	172	0,65	0,38
MM. Tissandier (1884) .	1 000	3,04	66,5	1,5	2,25
MM. Renard et Krebs. .	1 861	6	55,4	9	16,25

Ces progrès prennent une forme plus saisissante encore quand on compare les routes suivies par *la France (fig. 10, 11, 12)* à celle que MM. Tissandier ont parcourue en 1884 *(fig. 9)*. Lorsque les officiers de Chalais entreprirent l'étude de leur dirigeable, la question en était au point suivant : les moteurs les plus légers donnaient 3 *m*, vitesse insuffisante puisque celle du vent lui est supérieure au moins une fois sur cinq; de plus, on n'avait pas encore réussi à éviter les embardées, à faire obéir le gouvernail, à assurer la stabilité de route. En quel état ont-ils rendu le problème? La vitesse atteint 6,50 *m*, le ballon obéit avec une merveilleuse docilité, sans tête-à-queue, il évolue comme un canot bien construit sur la surface tranquille des eaux.

Dans cette œuvre qui restera une des plus belles de notre siècle, il convient d'indiquer la part plus spécialement prise par chacun des deux collaborateurs. « L'exécution du programme et les études qu'il comporte ont été faites en commun. L'étude de la disposition de la chemise de suspension, la détermination du volume du ballonnet, les dispositions ayant pour but d'assurer la stabilité longitudinale du ballon, le calcul des dimensions à donner aux pièces de la nacelle, et enfin l'invention et la construction d'une pile nouvelle, d'une puissance et d'une légèreté exceptionnelles, ce qui constitue une des parties essentielles du système, sont l'œuvre personnelle du commandant Renard. Les divers détails de construction du ballon, son mode de réunion avec la chemise, le système de construction de l'hélice et du gouvernail, l'étude du moteur électrique calculé d'après une méthode nouvelle basée sur des expériences préliminaires permettant de déterminer tous ses éléments pour une force donnée sont l'œuvre du commandant Krebs, qui, grâce à des dispositions spéciales, est

parvenu à établir cet appareil dans des conditions de légèreté inusitées (1). »

Que reste-t-il à faire maintenant pour que la direction des ballons devienne réellement pratique? Il faut encore une fois doubler la vitesse en perfectionnant ce qui a été fait, en augmentant le volume, en réduisant la résistance, en élevant le rendement de l'hélice qui dans le ballon *la France* n'était que passable, et surtout en recherchant un moteur qui laisse loin derrière lui celui qui a conduit au succès.

On affirme que ce nouveau pas en avant vient d'être fait. Séparé de son collaborateur, actuellement commandant-ingénieur au corps des Pompiers, le commandant Renard a parachevé la tâche qu'ils avaient d'abord poursuivie en commun. Ses recherches l'ont amené à imaginer un moteur à gazoline qu'on achève actuellement et qui pèsera, carburateur et accessoires compris, une fois et demie moins que le moteur de *la France;* de plus, au lieu d'être épuisé en une heure et demie de marche, il pourra fonctionner pendant une dizaine d'heures. Des perfectionnements réalisés dans les diverses parties du ballon permettront d'atteindre avec ce moteur la vitesse de 11 *m* par seconde ; le nouveau dirigeable, qui portera le nom du général Meusnier, pourra donc voyager avec une vitesse moyenne de 40 *km* à l'heure, allure des trains ordinaires. Il a un volume de 3 400 m^3 : dans ces conditions on trouve que la longueur, pour qu'il fût géométriquement semblable à *la France*, devrait être $50{,}4\sqrt[3]{\frac{1\,861}{3\,400}} = 62{,}7$ *m*. Or, elle sera de 70 *m* ; l'allongement dépassera donc celui de *la France*, peut-être même celui du deuxième ballon Giffard. Une housse portera, par l'intermédiaire de suspentes et de balancines, une nacelle de 40 *m* formée de bambous et de longerons en sapin évidés, avec entretoises en acier creux. L'hélice, de 9 *m* de diamètre, tournera à raison de 200 tours par minute.

Après le *Général-Meusnier* viendront d'autres appareils également en progrès sur les précédents. Ce que je voudrais examiner maintenant, ce sont les moyens de réaliser ce progrès.

La première qualité à réaliser est la stabilité de route ainsi que la docilité dans la manœuvre : sans cette qualité toutes les autres resteraient sans effet, et le ballon se trouverait dans la situation

(1) Note à l'Académie des Sciences.

d'un muet qui se sent des flots d'éloquence. Tel était en particulier le cas des ballons Giffard. J'ai soigneusement énuméré les conditions qu'il est nécessaire de remplir et j'ai dit comment on les avait réalisées à Châlons. Les ballons conçus d'après les mêmes principes seront à même de bien utiliser la puissance de leur moteur.

Dès lors leur valeur sera mesurée par la vitesse obtenue. Pour avoir une vitesse V, il faudra combiner le filet, la nacelle, le propulseur et le moteur de façon que

$$\frac{Tr}{R} = V,$$

T étant la force sur l'arbre de la machine, R la résistance à l'avancement qui correspond à la vitesse V, r le coefficient de réduction entre le travail de traction et le travail sur l'arbre : ce coefficient est fonction du rendement de l'hélice et des engrenages intermédiaires.

Les valeurs de R et de r dépendent l'une et l'autre de l'action de l'air sur les surfaces ; je consacrerai la deuxième Partie aux moyens de les évaluer et de rechercher leurs valeurs les plus avantageuses. Enfin, j'aborderai dans la troisième Partie la question des moteurs légers, qui a une importance capitale dans la navigation aérienne.

DEUXIÈME PARTIE

Résistance à l'avancement et propulsion.

La construction *rationnelle* des carènes et des hélices aériennes implique la connaissance complète des lois de la résistance de l'air. Il entrerait donc dans mon sujet de vous en entretenir avec détails, et je le ferais d'autant plus volontiers que ces lois ne sont pas sans intérêt pour l'Ingénieur, soit qu'il veuille utiliser cette résistance, par exemple dans les appareils où le vent est employé comme moteur, soit qu'il cherche à s'y soustraire, comme il doit le faire dans toutes les machines de locomotion atteignant une vitesse élevée. La diminution de la résistance de l'air intéresse en effet non seulement la navigation aérienne, mais encore, quoiqu'à un degré moindre, la navigation maritime et même la locomotion sur terre (1). Malheureusement, l'état actuel de nos connaissances sur la constitution des fluides ne permet pas d'établir la théorie mathématique des phénomènes qui s'y rattachent, et d'autre part la voie expérimentale n'a donné jusqu'ici que des résultats très incomplets. Je crois utile néanmoins de grouper ici ces résultats et d'en discuter brièvement la valeur.

(1) MM. Villemain, Guebhardt et Dieudonné ont indiqué pour les chemins de fer la formule

$$R = \frac{K}{1000} SV^2.$$

R est la résistance de l'air en kilogrammètres, S la surface de front en mètres carrés, soit 5 environ, et V la vitesse en kilomètres à l'heure; K a la valeur 2,5 pour les trains omnibus et 1,66 pour les directs et les express. On trouve ainsi que le travail absorbé par la résistance de l'air dans un express marchant à 80 *km* est de 57 *chx*. M. Riecour constata expérimentalement l'influence de la surface de front. Enfin, d'après les expériences récentes de M. Desdouits, Ingénieur des chemins de fer de l'État, la locomotive, qui reçoit directement le choc de l'air, absorbe à elle seule, pour un express marchant à 72 *km*, un travail effectif de 160 *chx*, soit *la moitié environ de la puissance utilisée*. M. Desdouits a constaté que cette perte considérable est due pour plus des 2/3 à l'influence de la vitesse, et que la presque totalité de la résistance produite par la vitesse est imputable à la réaction de l'air ambiant (*Revue générale des chemins de fer* de 1890). Il y a donc lieu de réduire soigneusement cette action dans la locomotion et la navigation à grande vitesse.

Pour les trains, il faut : 1° munir la locomotive d'une proue et peut-être le fourgon arrière d'une poupe; 2° enfermer dans une enveloppe lisse les dômes, cheminée, abri du mécanicien, etc., qui se trouvent sur la locomotive, et faire en sorte que les abris ne dépassent la silhouette des wagons que de la quantité strictement nécessaire, etc.; 3° réduire ou fermer par des panneaux les intervalles entre les voitures : il s'y produit en effet des remous qui augmentent la résistance d'une dizaine de kilogrammes par voiture de train express; à ce point de vue, l'adoption des bogies est très heureuse. Vous savez que ces perfectionnements sont prévus dans le chemin de fer électrique de notre collègue M. Heilmann.

Dans les navires à grande vitesse, on devra augmenter encore l'allongement de la coque

1. — Généralités sur la résistance de l'air

Lois admises pour le déplacement orthogonal. — On emploie généralement la formule $R = KdSV^2$ pour calculer la résistance R au déplacement orthogonal d'une surface plane S dans un air de densité *d* avec une vitessse V.

La proportionnalité de la résistance au carré de la vitesse, indiquée par Newton, fut longtemps regardée comme rigoureusement vraie : on croyait, en effet, à la simplicité des lois naturelles, et l'on ne pouvait suspecter un résultat aussi peu compliqué. Cependant, la loi de Newton n'est qu'approchée ; elle est même tout à fait inexacte pour certaines vitesses, et se trouve, par exemple, en désaccord complet avec les résultats obtenus par les Commissions de tir. La loi véritable est beaucoup plus complexe, et si l'on cherche à exprimer les résistances mesurées par une fonction de la forme $V^2f(V)$, on trouve que la fonction $y = f(V)$ n'est pas représentée par une droite parallèle à l'axe des vitesses, mais par une courbe analogue à celle de la figure 20, avec un maximum dans le voisinage de la vitesse de propagation des mouvements ondulatoires dans l'air, ce qui semble confirmer l'idée originale de Robins et Hutton d'après laquelle le point $V = 340$ *m* serait une sorte de point critique. L'examen de la courbe $y = f(V)$ montre qu'on peut admettre la loi du carré de la vitesse en deçà de 100 *m* et au delà de 500 *m*, mais en choisissant pour K des valeurs différentes.

C'est Duchemin qui, le premier introduisit le coefficient $f(V)$; mais ses calculs, basés sur des considérations d'élasticité, l'ont conduit à une expression du premier degré qui ne saurait repré-

et surtout rechercher un moyen pratique de réduire la résistance des nombreuses pièces qui surmontent le pont; il y aura lieu peut-être de les rassembler dans un réduit fermé par une enveloppe lisse à forme très effilée.

Enfin, on a imaginé pour les vélocipèdes une proue légère, formée de deux ailes à 50° qui couvrent le cycliste (*fig. 19*). Si l'on considère que, d'une part, la résistance de roulement du vélocipède est faible; que, d'autre part, l'action de l'air sur un homme penché en avant, c'est-à-dire présentant une surface concave dont la partie inférieure, les cuisses, est sans cesse en mouvement, on conçoit que cette innovation puisse être avantageuse. Dans une série d'essais sur route avec léger vent debout, on trouva qu'un même vélocipédiste se laissant descendre sur une pente sans toucher les pédales avait une vitesse moyenne de 20,45 *km* à l'heure sans l'appareil et de 25,45 *km* avec l'appareil. Par un fort vent debout et avec les grandes vitesses qu'on peut obtenir sur une piste, la pression de l'air est au moins dix fois plus forte que la résistance de roulement; dans ces conditions, la différence entre les vitesses obtenues avec ou sans coupe-vent deviendrait notablement plus grande.

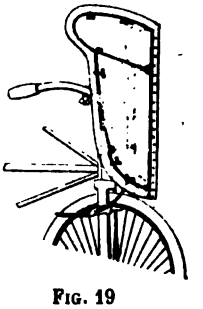


Fig. 19

senter les résultats des expériences. On a récemment émis l'hypothèse que $f(V)$ était le coefficient qui exprime la variation de la densité produite par le passage du mobile. Cette hypothèse ne

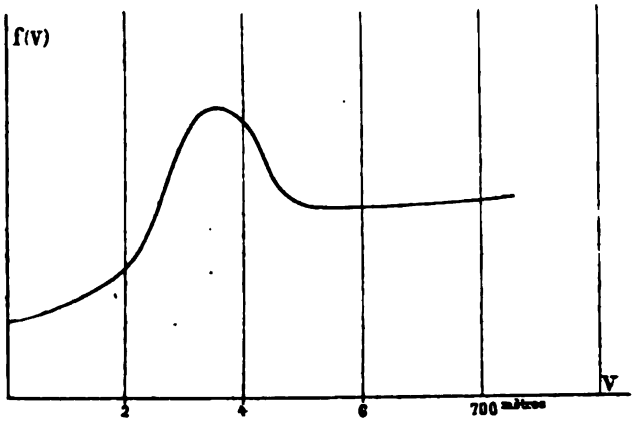


Fig. 20.

veut pas dire grand'chose, puisque la masse d'air ne se comprime pas uniformément, que même elle se dilate, comme nous le verrons, sur la face antérieure du mobile ; en tous cas, cette explication n'apporte aucun renseignement sur la valeur de f (V).

La proportionnalité de R à S n'est pas même justifiée. Il est bien évident, en effet, que la loi de déviation des filets d'air, et par suite la valeur de la résistance, ne sont plus les mêmes pour les grandes et les petites surfaces. Hutton, et plus tard d'Aubuisson, Hervé-Mangon, etc..., admirent la proportionnalité de R à S[1].

La forme même de la surface a son influence particulière, comme cela résulte clairement d'expériences faites par M. Marey, de l'Institut. Le savant physiologiste exécuta sur un disque entraîné par un manège (*fig. 21*) des mesures analogues à celles qu'avait faites Dubuat pour évaluer avec le tube de Pitot la pression aux différents points de la carène des navires. Marey plaçait devant

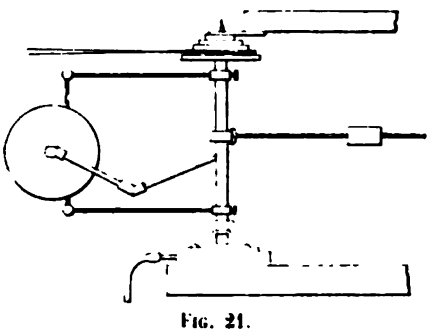


Fig. 21.

un point quelconque du disque un tube qui communiquait par l'intérieur de l'axe du manège avec un manomètre différentiel de

Kretz d'une très grande sensibilité. Quand le tube explorait la face antérieure du disque, le manomètre marquait constamment zéro ; c'est qu'en effet d'une part la force centrifuge, en chassant l'air du tube, y produit une aspiration, et que d'autre part la même force, en comprimant l'air devant le disque, transmet cette compression à l'intérieur du tube : or l'aspiration et la compression, dues à la même cause, se compensent exactement. Par contre, si l'on plaçait le tube à l'arrière du disque, il s'y produisait une double aspiration due à la raréfaction que la rotation amène sur la face postérieure, et à l'aspiration produite par la force centrifuge dans le tube lui-même. Or, nous avons vu que cette aspiration est égale à la pression sur la face antérieure ; par suite le tube manométrique indiquait la somme des valeurs absolues de la pression sur la face antérieure et de l'aspiration sur la face postérieure, c'est-à-dire la pression réellement supportée par le disque au point exploré. Marey constata par ce procédé que la pression a une valeur sensiblement constante en tous les points du disque, sauf vers les bords, où l'on trouve une sorte de perte marginale qui est évidemment plus sensible pour les plans de petite étendue ; à égalité de surface, cette perte a sa valeur minimum pour le cercle.

Ainsi la loi $R = KdSV^2$ n'est pas exacte, et l'introduction d'un coefficient $f(V)$, l'élévation de S à la puissance 1, 1, ne rendent qu'imparfaitement compte des résultats d'expériences. C'est qu'en réalité le phénomène est très complexe et qu'il ne suffit pas, pour l'exprimer par une loi même approchée, de s'en tenir à des abstractions mathématiques, comme faisait Poncelet (1) par exemple quand il admettait qu'une surface S, en effectuant dans l'air un parcours e à la vitesse V, imprimait cette vitesse aux molécules d'air du cylindre Se, ce qui donne :

$$\frac{1}{2}\frac{d}{g}SeV^2 = Re$$

d'où

$$R = \frac{d}{2g}SV^2.$$

Il est vrai que l'illustre géomètre se proposait seulement, comme le prouve le titre même de son ouvrage, de donner une formule qui suffit aux besoins ordinaires de la Mécanique industrielle.

(1) Poncelet. — *Introduction à la Mécanique industrielle.*

Conditions physiques. — Il faut donc, pour entrevoir les lois vraies du phénomène, se préoccuper des conditions physiques dans lesquelles il s'effectue.

Dans sa *Théorie mécanique de la chaleur*, Athanase Dupré a développé quelques considérations qui éclairent ce côté de la question. En cherchant une erreur dans un travail de Coriolis sur le rendement des moulins à vent, l'éminent professeur fut conduit à admettre qu'une surface plane frappée par un courant reçoit une pression moindre au repos que lorsqu'elle se déplace *dans son propre plan.*

A première vue ce résultat semble étrange, et, de fait, quelque formule qu'on applique, R conserve la même valeur quand la surface se meut dans son plan, puisque *d*, S et V ne changent pas. Il n'en est plus de même si l'on cherche à se rendre compte du mode d'écoulement de l'air sur la surface. Supposons en effet un disque AB au repos (*fig.* 22), et considérons deux molécules

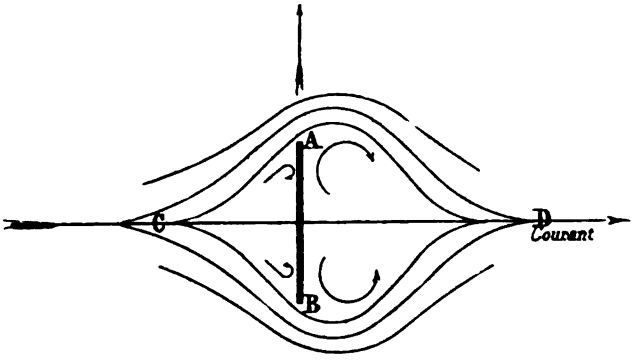


Fig. 22.

voisines destinées à passer l'une à droite, l'autre à gauche du disque ; elles doivent forcément se séparer en un point C. Il y a donc une masse d'air emprisonnée à l'avant entre les filets tels que CA, CB ; cette masse, dans laquelle il se fait certainement des remous, transmet sa compression à la face antérieure. Les molécules écartées viennent se rejoindre à l'arrière en un point D, mais leur passage plus ou moins rapide produit une succion, un appel d'air, d'où une aspiration sur la face postérieure qui augmente la pression supportée par le disque.

Celui-ci vient-il à se déplacer dans son propre plan ? Par suite de ce mouvement de tiroir, la masse gazeuse emprisonnée à l'avant s'échappe, déterminant un appel direct et, par suite, une

succion plus forte que précédemment ; l'aspiration sur la face postérieure augmente donc, et il en est de même de la pression sur la face antérieure, qui reçoit le choc direct des molécules, puisqu'il n'y a plus de matelas d'air interposé. Pour ces deux raisons, le déplacement transversal augmente la pression.

Valeurs de K*d*. — De ce qui précède résulte clairement que la résistance dépend de la forme de la surface, et même, pour une surface donnée, du rapport entre cette surface et la vitesse. C'est ce qui avait conduit M. Goupil à imaginer la formule :

$$R = KdSV\sqrt{V^2 + S}.$$

Il est à prévoir que la formule exacte est beaucoup plus compliquée. On s'explique donc qu'en adoptant la loi $R = KdSV^2$, les différents expérimentateurs aient obtenu pour K*d* les valeurs les plus diverses, comme le montrent les lignes suivantes, où l'on a pris $d = 1{,}293$:

Poncelet (formule théorique)	0,067
Piobert et Morin.	0,084
Goupil.	0,130
Marey	0,130
Commandant Renard	0,085
Langley	0,08475
Cailletet et Collardeau.	0,071

Dans l'enseignement de Chalais on admit d'abord $Kd = \frac{1}{8} = 0{,}125$; mais, à la suite de quelques travaux faits par le commandant Renard, on prit $Kd = 0{,}085$, valeur qui concorde bien avec les expériences de Piobert et de Morin, ainsi qu'avec les mesures très habiles exécutées en Amérique par M. Langley. Marey ne tint pas compte des pertes marginales et supposa que la pression aux différents points du disque était la même que la pression mesurée au centre ; il n'est donc pas étonnant qu'il ait obtenu un coefficient plus fort que ceux des autres expérimentateurs. Quant à MM. Cailletet et Collardeau, ils font remarquer que les coefficients obtenus avant eux résultent d'expériences dans lesquelles la surface est entraînée par un manège ; l'air étant chassé par la force centrifuge, le fluide que traverse la surface est à chaque instant animé d'un mouvement transversal par rapport à celle-ci ; or les théories de Dupré, vérifiées par l'expérience, montrent que la résistance est plus grande que si l'air était au repos. MM. Cailletet et

Collardeau ayant opéré en ligne droite, en s'installant sur la tour Eiffel, estiment que leur coefficient doit être seul appliqué au déplacement orthogonal.

Réaction de l'air sur un plan qui fait un angle α avec sa trajectoire. — La confusion est encore bien plus grande quand le plan, au lieu de se mouvoir orthogonalement, fait un angle α avec sa trajectoire. On admet généralement que la réaction N de l'air est normale au plan et égale à la résistance au déplacement orthogonal R multipliée par le carré du sinus de l'angle d'obliquité. Quelques expérimentateurs, Borda et Pénaud en particulier, ont pensé que N était proportionnel au nombre des molécules qui frappent la surface, soit à $\sin \alpha$. Mais les résultats d'expériences sont en désaccord aussi bien avec la formule du sinus simple qu'avec celle du sinus carré. Duchemin et Bossut ont employé la suivante :

$$N = R \frac{2 \sin \alpha}{1 + \sin^2 \alpha}$$

qui cadre mieux avec les mesures expérimentales. Enfin, la discussion approfondie des travaux de Vince, Hutton et Thibaut conduisit le commandant Renard à prendre

$$N = R[a \sin \alpha - (a - 1) \sin^3 \alpha],$$

a étant un coefficient plus grand que 1, et probablement égal à 2.

Le choix entre la formule du sinus carré d'une part, et les autres formules d'autre part, a une importance capitale en Aviation, ainsi que je vais l'indiquer en quelques mots.

En 1830, Navier, admettant que la sustentation de l'oiseau est produite par les battements orthogonaux des ailes, évalua à 1 *ch* le travail de 13 hirondelles. S'il en était ainsi, nous aurions depuis longtemps remplacé par des volatiles les chevaux de nos fiacres, au grand contentement des gens pressés. Les calculs de Navier sont donc la condamnation de la théorie dite orthogonale qui, cependant, conserve encore quelques adeptes, malgré les autres objections qu'on peut lui opposer (1).

(1 En particulier, cette théorie ne rend pas compte de la nécessité qu'éprouvent tous les oiseaux à acquérir, par le saut ou la course, une vitesse sans laquelle il leur est impossible de voler. C'est sur ce fait bien connu que sont basées la capture du condor dans l'Amérique du Sud et la chasse à l'outarde en Russie : pour la première, on met un appat dans une enceinte formée par une sorte de haie ; pour la seconde, on poursuit l'oiseau par les temps de verglas. Dans nos campagnes, on emprisonne souvent des geais dans une cage sans couvercle, composée parfois d'une douzaine de piquets plantés en terre.

De plus, d'après la théorie orthogonale, l'oiseau n'éprouverait aucune difficulté à voler à reculons, et il serait étrange, s'il en était ainsi, qu'on n'eût jamais observé ce genre de vol.

Dans ses belles expériences sur le vol des oiseaux, Pénaud, et après lui M. Drzewiecki, le commandant Renard, etc., ont été amenés à considérer les ailes comme des surfaces traînées dans l'air sous un angle α très petit; les battements n'ont pour but que d'entretenir la vitesse horizontale, grâce surtout à la pointe de l'aile qui constitue un excellent propulseur; celui-ci agit à la façon de la corde des cerfs-volants et produit la sustentation par la réaction du courant d'air relatif sur le dessous des ailes. Or, quand on applique le calcul au vol ainsi considéré, on trouve que la loi du sinus carré donne pour le travail une expression indépendante de l'angle α qui est précisément celle de Navier. Le résultat ne laisse pas d'être compromettant pour cette loi, puisqu'elle ne tend à rien moins qu'à empêcher les oiseaux de voler.

Avec les trois autres lois, on trouve au contraire que le travail de sustentation est fonction de l'angle et tend vers zéro en même temps que lui. Il faut bien qu'il en soit ainsi pour que certains oiseaux traversent les mers sans se reposer; il n'est pas douteux que le travail musculaire, qui peut être momentanément très considérable, à l'essor par exemple, est excessivement faible en cours de route.

Ce qui précède infirme la loi du sinus carré, mais ne confirme nullement aucune des autres lois. Il est même certain que ces lois ne représentent pas fidèlement la réalité et que le facteur en α dépend aussi de la forme de la surface; ainsi, pour un ruban allongé dans le sens des ailes d'un oiseau *(fig. 22)*, ce facteur se rapproche

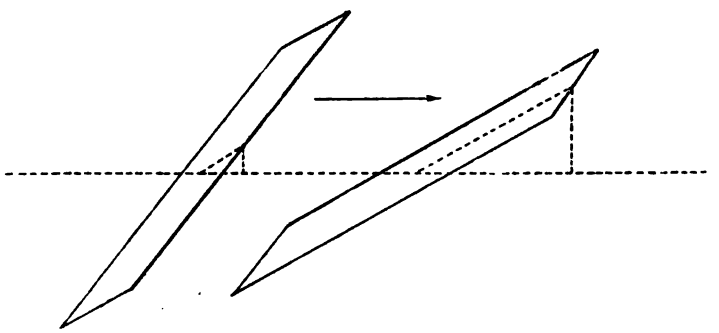


Fig. 23

du sinus simple; il est à peu près égal au sinus carré pour un ruban longitudinal (1). Aucune des formules données ne rend compte de ces particularités.

(1) Commandant Renard. — Communication à la Société française de physique, janvier 1889.

Tentative pour séparer la pression à l'avant et l'aspiration à l'arrière. — Le premier, Athanase Dupré a tenté de rechercher quelle part revient à la compression sur la face avant et à l'aspiration sur la face arrière dans la pression totale supportée par un plan. Voici à peu près le raisonnement qu'il fit :

Supposons une masse d'air à la pression p_o dans laquelle se déplace orthogonalement une surface S avec la vitesse V. Dupré considérait qu'à partir du moment où le régime d'écoulement est établi, il y avait équilibre entre le gaz *acb* emprisonné sur la face antérieure (*fig.* 24), qui prenait par conséquent la vitesse V, et la partie de l'air demeurée immobile. Or Navier a établi que deux molécules d'une même masse gazeuse ont des vitesses u_1 et u_2, qui s'expriment en fonction de leurs pressions respectives p_1 et p_2 par la formule

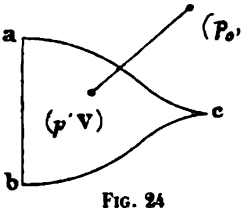


FIG. 24

$$u_2^2 - u_1^2 = \frac{2gp_o}{d}\frac{T}{273}\log \text{nép}\frac{p_1}{p_2},$$

en supposant toutefois que la résistance du plan ne modifie pas la température de la masse fluide. Les hypothèses de Dupré et de Navier combinées donnent pour la pression p' du gaz sur la face antérieure

$$p' = p_o e^{bV^2}$$

avec

$$b = \frac{d}{2gp_o}\frac{273}{T}.$$

Par suite la pression sur la face antérieure, qui est $p_o S$ au repos, devient

$$p_o S e^{bV^2}.$$

Pour voir l'effet de cette pression à l'avant, supposons que tout reste à l'état en l'arrière, c'est-à-dire que l'air y garde partout la pression p_o. L'avant subit une pression $p_o S e^{bV^2}$; l'arrière, une pression moindre $p_o S$: il y a donc du côté de la face antérieure une compression $p_o S(e^{bV^2} - 1)$ qui résiste à l'avancement.

On verrait de même que la face arrière supporte une pression $p_o S e^{-bV^2}$. En supposant encore, pour voir l'effet de cette pression, que tout reste en l'état à l'avant, il en résulte, puisque

$e^{-bV^2} < 1$, qu'il y a du côté arrière une aspiration $p_o S(1 - e^{-bV^2})$ qui concourt à augmenter la résistance à l'avancement.

La résistance totale est donc:

$$R = \underbrace{p_o S(e^{bV^2} - 1)}_{\text{Compression à l'avant.}} + \underbrace{p_o S(1 - e^{-bV^2})}_{\text{Aspiration à l'arrière.}}$$
$$= p_o S(e^{bV^2} - e^{-bV^2}).$$

D'après cela, la résistance *a'b'* (*fig. 25*) due à l'aspiration serait inférieure à la résistance *ab* due à la compression, mais en différerait peu aux faibles valeurs de bV^2, qui intéressent précisément la direction des ballons en son état actuel. Aux très grandes vitesses, au contraire, l'aspiration serait négligeable devant la compression.

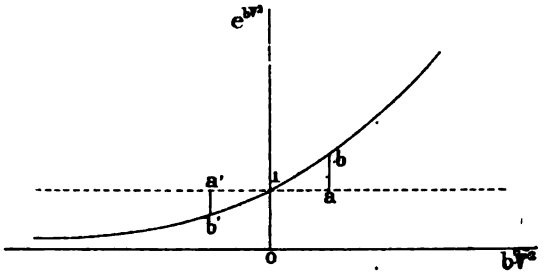


FIG. 25

Malheureusement cette théorie prête beaucoup à la critique. Il est bien évident que la pression de l'air ne peut passer brusquement de la valeur p_o à la valeur p' en franchissant la ligne *acb* : elle varie au contraire graduellement d'une molécule à l'autre, de sorte qu'il faudrait avoir des données moins sommaires sur la constitution moléculaire des fluides pour édifier la théorie mathématique des phénomènes considérés. De plus, la déduction d'après laquelle l'aspiration à l'arrière serait toujours plus petite que la compression à l'avant est en désaccord avec les idées d'esprits éminents, comme d'Alembert et peut-être comme Athanase Dupré lui-même, qui n'avait pas vu cette conséquence de son raisonnement.

On voit du reste combien les hypothèses précédentes sont incomplètes, dès qu'on veut appliquer le même procédé d'analyse au cas d'une surface faisant l'angle α avec la direction du mouvement. Le commandant Vallier, membre correspondant de l'Académie des sciences, s'est contenté de remplacer dans la formule de Dupré la vitesse V par la composante V sin α normale au plan. Cette manière de procéder n'est nullement justifiée ; si même on suit le raisonnement de Dupré, on trouve que les molécules em-

prisonnées devant le plan oblique, et par suite entraînées avec la vitesse V, exercent à l'avant une pression $p_o Se^{bV^2}$ normale au plan : il s'ensuit que la résistance à l'avancement serait $p_o Se^{bV^2} \sin \alpha$. De même la résistance à l'arrière serait $p_o Se^{-bV^2} \sin \alpha$; de sorte que la résistance au déplacement oblique égalerait la résistance au déplacement orthogonal multipliée par $\sin \alpha$: c'est la loi du sinus simple donnée par Borda.

En résumé, on est peu fixé sur la loi du déplacement orthogonal, mais cependant on peut admettre la formule $R = KdSV^2$ pour les vitesses qui intéressent l'Aéronautique. Quant à loi du déplacement oblique, on l'ignore complètement ; il convient donc de considérer les différentes lois énoncées comme de simples formules empiriques.

2. — Résistance a l'avancement.

Évaluation de la résistance. — Dupuy de Lôme évalua la résistance de son dirigeable en appréciant séparément celle qu'éprouvaient les diverses parties. A cet effet, il mesura pour chacune d'elles la section maximum perpendiculaire à l'axe du ballon, puis il calcula la résistance au déplacement orthogonal de ces sections, et enfin il affecta les résistances obtenues de coefficients choisis d'après la nature et la forme des parties considérées. C'est ainsi qu'il dressa le tableau suivant :

	SURFACE de la section maximum perpendiculaire à l'axe du ballon	RÉSISTANCE par mètre carré à la vitesse de 2,22 *m*	COEFFICIENTS de réduction	PRODUITS	
	m^2	*kg*		*kg*	
Ballon sans filet	172 »	0,665	1/30	3,830	
Nacelle	3,25	»	1/5	0,432	
Saillie du corps des hommes.	3 »	»	1/5	0,400	
Tuyaux à hydrogène et à air	6,40	»	1/5	0,850	
Petit cordonnet des filets . .	10 »	»	1/2	3,325	5,519
Cordes fortes des suspentes et des balancines.	9,90	»	1 3	2,194	
RÉSISTANCE TOTALE				11,031	

Le rapport de la résistance totale a la résistance du maître

couple est donc $\frac{11,031}{30 \times 3,830} = \frac{1}{10}$ environ. Ce coefficient est voisin de celui qu'on emploie dans la Marine pour calculer la résistance à l'avancement d'après celle qu'éprouverait le maître bau : on prend en effet :

Pour un navire très fin, avec carène doublée en cuivre, et propre . . . . . $\frac{1}{15}$

Pour un navire à forme pleine, avec carène doublée en cuivre et mal entretenue . . . . . $\frac{1}{9}$

Par analogie avec une pratique courante dans les constructions navales, on a proposé d'évaluer la résistance à l'avancement en multipliant la résistance du maître couple par un coefficient pouvant varier de $\frac{1}{10}$ à $\frac{1}{15}$ et même à $\frac{1}{20}$, suivant l'allongement. A mon avis, c'est mal comprendre les enseignements du tableau qui précède ainsi que les différences entre les bateaux et les ballons dirigeables. En effet, la résistance étant proportionnelle à la densité des fluides, les parties d'un bateau qui ne sont pas immergées opposent à l'avancement une résistance qui n'est qu'une faible fraction de la résistance totale. Celle-ci dépendra donc à peu près exclusivement, pour une ligne de flottaison déterminée, de la forme et de la nature de la coque : ce qui justifie l'emploi du coefficient de réduction dont j'ai parlé. Il n'en est plus de même avec un ballon ; dans ce cas, en effet, toutes les parties se déplacent dans le même fluide, de telle sorte que, suivant les évaluations mêmes de Dupuy de Lôme, la résistance du ballon proprement dit entre pour moins du tiers dans la résistance totale, alors que celle des cordages y entre pour *moitié*. Au point de vue de la résistance, la forme et la longueur du filet sont donc au moins aussi importantes que celles du ballon, et l'emploi d'un coefficient de réduction n'est possible qu'avec des ballons géométriquement semblables ou du moins ne différant que très peu les uns des autres.

Par suite il y a lieu d'effectuer pour chaque projet de dirigeable des calculs analogues à ceux de Dupuy de Lôme. Mais en raison de l'incertitude sur la véritable valeur des divers coefficients qu'il a employés, il sera très utile de contrôler les chiffres obtenus par des mesures directes faites dès les premières ascensions; les résultats corrigés pourront à leur tour servir de base dans les

projets ultérieurs. C'est ainsi que les mesures faites a bord de *la France* donnèrent des résistances supérieures à celles qu'on avait prévues sur la foi des résultats antérieurs et d'expériences très incomplètes effectuées à terre. L'écart constaté résulte sans doute de deux causes : d'une part, les coefficients de réduction adoptés par Dupuy de Lôme doivent être un peu faibles, en particulier le coefficient $\frac{1}{30}$ du ballon ; d'autre part, les mesures effectuées à Châlais ont sans doute été viciées, comme je l'ai dit, par le couple perturbateur dû à la traction et par l'instabilité verticale.

Il convient de remarquer ici que la résistance par mètre carré, inscrite à la deuxième colonne du tableau précédent, varie proportionnellement à la densité de l'air, et par conséquent suivant la loi de décroissance de la pression barométrique. Or on évalue la résistance totale afin de déterminer l'effort de traction qu'il faut exercer pour obtenir une vitesse donnée. Mais cet effort diminue lui aussi avec la densité, car l'hélice mord dans un milieu plus léger. On peut donc prendre dans les calculs la pression atmosphérique à terre : l'erreur qui en résulte n'est jamais très grande, puisque les dirigeables sont faits pour évoluer à de faibles hauteurs.

Diminution de la résistance. — On croit généralement que la diminution de la résistance sera obtenue surtout par l'exagération croissante de l'allongement. C'est là une erreur. Si l'on admet en effet les chiffres de Dupuy de Lôme, on voit qu'en réduisant à *zéro* la résistance du ballon, on ne diminue la résistance totale que des $\frac{2}{7}$ environ ; encore n'est-ce pas là un bénéfice net, puisque le nombre des suspentes, et par suite la résistance due au filet, augmente avec l'allongement.

Pour que la diminution due à l'allongement soit efficace, il faut qu'on réduise parallèlement la résistance de la nacelle et celle du filet, sans compromettre toutefois la rigidité et la stabilité de route. J'ai montré quels progrès le ballon de Chalais a réalisés dans cette voie.

On se rendrait facilement compte, en faisant cette étude pour chaque projet de ballon dirigeable, qu'il serait maladroit de dépasser une certaine valeur de l'allongement. En effet, considérons un disque dont la résistance au mouvement orthogonal est R, pour une vitesse V ; supposons que nous le munissions d'une

proue et d'une poupe de longueur l et Kl, K étant un nombre constant. En négligeant le frottement de l'air, il est clair que la résistance à l'avancement est une fonction $f(l)$ qui décroît constamment de R à zéro quand l croît de zéro à ∞. Mais il est non moins évident que le frottement est une fonction $\varphi(l)$ qui croît avec l et devient même proportionnelle à l à partir d'un certain

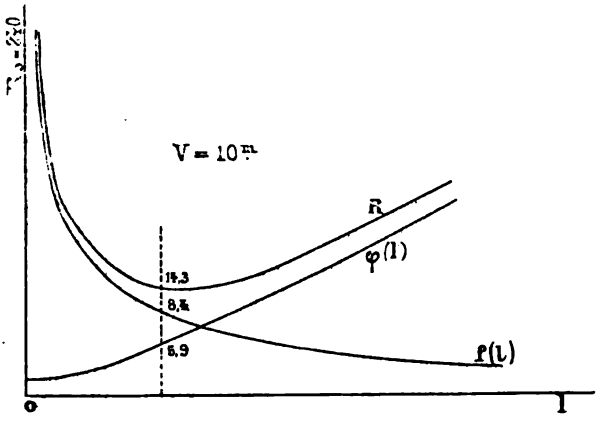


FIG. 26

allongement, de sorte que la résistance totale est une courbe à minimum, asymptote à la courbe du frottement *(fig. 26)*.

Dans un de ses premiers brevets, Giffard a mis en évidence les deux termes dont se compose la résistance ; la formule qu'il donne est la suivante :

$$R = KSV^2 + h\,\Sigma V^2,$$

S étant la surface du maître couple et Σ la surface latérale. Giffard indique que, pour un diamètre du ballon égal à 6 *m*, une longueur de 40 *m* et une vitesse de 10 *m*, on a $K = \frac{0{,}045d}{2g}$ et $R = 14{,}3$ *kg*. On en déduit $f(6{,}66) = 8{,}4$, $\varphi(6{,}66) = 5{,}9$ avec $R_o = 0{,}085\ SV^2 = 240$. Telles sont les valeurs dont on s'est servi dans le tracé de la figure précédente, qui n'a évidemment d'autre prétention que celle de faire entrevoir l'allure de la loi.

Ainsi, pour une vitesse et un rapport de proue à poupe déterminés, il existe un allongement donnant le minimum de résistance. Or, l'allongement a le grave inconvénient de diminuer beaucoup la force ascensionnelle par unité de volume, de rendre

la liaison avec la nacelle plus délicate, d'exagérer la résistance à l'avancement dès que se produisent des mouvements de tangage même légers, et, enfin d'obliger — ce qui précisément augmente la résistance — à allonger la nacelle et à mettre un plus grand nombre de suspentes, pour que le poids se répartisse bien sur le ballon. Dans ces conditions, on conçoit qu'il y ait le plus souvent intérêt à ne pas atteindre la valeur l qui donne la résistance minimum.

En ce qui concerne les suspentes, on a proposé l'emploi des fils métalliques, afin d'en diminuer le nombre; mais il faut remarquer qu'en dehors des inconvénients propres à la nature même de ces fils, un trop grand écartement des suspentes empêcherait la bonne répartition du poids sur la housse de suspension. Par contre, il semble avantageux de réduire la longueur des suspentes; toutefois, cette réduction ne doit pas être faite à la légère, car le rapprochement du ballon et de la nacelle peut compromettre la bonne tenue du dirigeable, ainsi que je vais le montrer.

Tangage et couple de rappel. — Soient G le centre de gravité de tout le système et g le centre de gravité de la masse d'air dont il occupe la place (*fig. 27*). Quand le moteur ne fonctionne pas, la droite Gg est verticale; mais si le ballon s'incline, la droite Gg s'incline du même angle, puisque le système est rigide. Il en résulte, d'une part, une augmentation parfois notable de la résistance, et d'autre part des mouvements de tangage quand la force de traction varie. D'après mes calculs, le rapport entre la résistance pour une petite inclinaison i et la résistance pour une inclinaison nulle peut se représenter approximativement, dans le cas d'un ballon symétrique, par la formule :

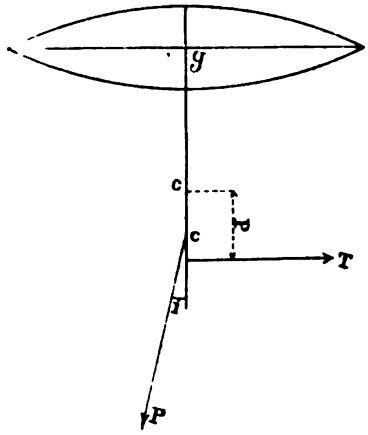


Fig. 27

$$\frac{R_i}{R} = 1 + l^2 \sin^2 \frac{i}{2},$$

l étant l'allongement du ballon. Pour que la résistance soit doublée, il suffit que l'on ait $\sin \frac{i}{2} = \frac{1}{a}$, ce qui donne 4° 40 pour le ballon de Dupuy de Lôme, 2° 20 pour un ballon ayant un allongement de 5, etc. Il importe donc, pour un ballon déterminé, que l'amplitude des oscillations ne puisse dépasser une certaine valeur I. Or, le couple qui enraie la rotation, ou couple de rappel, est égal dans un ballon de poids P à $P \times Gg \times \sin i$. On doit donc calculer Gg de façon que l'inclinaison ne devienne pas supérieure à I.

Parmi les causes qui peuvent produire cette inclinaison, les principales sont les deux suivantes :

1° La première est l'instabilité verticale. Comme je l'ai déjà dit, c'est à elle qu'il convient d'attribuer en partie les oscillations de 2 à 3° que MM. Renard et Krebs ont constatées à diverses reprises. Il suffit en effet, pour obtenir une oscillation de 3°, que la vitesse du mouvement ascendant ou descendant soit de $6 \times \text{tg } 3° = 0{,}312$ *m* pour une vitesse de marche de 6 *m*.

Ainsi donc, l'amplitude des oscillations est proportionnelle à la vitesse propre du ballon. Il en résulte que la stabilité verticale, si désirable dans les dirigeables à faibles vitesses qu'on a construits jusqu'ici, sera beaucoup moins importante à réaliser pour des ballons ayant des vitesses de 20 *m* et au-dessus ;

2° La deuxième cause est due à ce que, en raison des difficultés qu'on éprouve à placer l'arbre de l'hélice en dehors de la nacelle, il y a une distance d entre cet arbre et le centre de résistance. Quand on met le moteur en marche, le système s'incline donc sous la traction T de l'hélice d'un angle i_0 tel que

$$Td = P \times Gg \times \sin i_0$$

d'où

$$\sin i_0 = \frac{T}{P} \times \frac{d}{Gg}$$

Si l'on modifie T, il en résulte des variations de l'angle qui produisent le tangage. Or, ces variations sont évidemment d'autant plus sensibles que l'angle i_0 est lui-même plus grand.

Dupuy de Lôme a calculé que dans son ballon le maximum de i_0 n'atteignait pas 1/2 degré ; ce maximum correspond au minimum de Gg, c'est-à-dire au cas où le lest est jeté et le ballon complètement gonflé. Les variations étaient donc insignifiantes.

Mais i_0 augmente quand le poids par cheval ω diminue. En

effet, soit P_o le poids du ballon, moteur non compris, on a $\frac{P}{T} = \varpi + \frac{P_o}{T}$; quand le poids par cheval diminue, il en est de même du rapport $\frac{P_o}{T}$, soit qu'on augmente la traction du ballon sans changer son poids, soit qu'on diminue ses dimensions de façon à conserver les mêmes vitesses. Or, on tend dans les ballons dirigeables à employer des machines de plus en plus puissantes, de telle sorte que ϖ est supérieur à $\frac{P_o}{T}$; d'autre part $\frac{P_o}{T}$ varie dans le même sens que ϖ : on peut donc admettre que $\frac{T}{P}$, et par suite $\sin i_o$, varie en raison inverse du poids par cheval.

Par conséquent, pour que i_o ne dépasse pas la valeur qu'on s'est assignée, il est nécessaire de réduire en conséquence le rapport $\frac{d}{Gg}$. Il y a, semble-t-il, un moyen bien simple d'annuler ce rapport : c'est de faire passer l'arbre de l'hélice par le centre de résistance : le couple perturbateur est supprimé et les mouvements de tangage dus à l'instabilité verticale disparaîtront avec une propulsion énergique.

Quoi qu'il en soit, on ne peut mettre la nacelle trop près du ballon, car il faut laisser au couple de rappel une valeur capable d'éteindre les oscillations fortuites qui peuvent se produire, par exemple sous l'action d'un courant d'air qui n'est pas horizontal. Du reste, il est extrêmement difficile de faire passer l'arbre de l'hélice par le centre de résistance. Un des dispositifs proposés consiste à mettre dans le plan horizontal qui contient ce point deux hélices symétriques par rapport au ballon ; mais il est impossible, avec des vitesses de rotation un peu fortes, de bien fixer les coussinets des arbres sans qu'il en résulte une augmentation notable du poids. Quant au procédé qui consiste à placer l'hélice entre deux ballons, il diminue la force ascensionnelle, augmente certainement la résistance et se heurte aux mêmes difficultés que le premier procédé, car le centre de résistance ne se trouve pas, à beaucoup près, dans le plan qui contient les axes des deux ballons.

Forme à donner au ballon proprement dit. — En résumé, on doit donner au filet une hauteur suffisante, et comme il entre pour

une fraction notable dans la résistance à l'avancement, on se rend compte qu'au delà d'une certaine valeur l'allongement ne diminue pas d'une façon sensible la résistance qui est propre au ballon.

Mais il n'y aurait pas les mêmes inconvénients à diminuer cette résistance par la forme du dirigeable. On peut donc se proposer le problème suivant : quelle est, pour une longueur déterminée, la forme qui donne la résistance minimum, *à égalité de force ascensionnelle ?*

Le problème étant ainsi posé, on voit que le maître couple est minimum pour une surface de révolution dont la méridienne est un arc de cercle. Mais là se bornent les renseignements du calcul, car si l'on applique à un élément de la surface une quelconque des formules de la résistance de l'air et qu'on cherche ensuite à évaluer la résistance totale par les procédés du calcul intégral, on obtient des résultats qui n'ont aucune signification. En effet, les formules donnent en bloc la résistance de l'air sur un plan, sans séparer la compression sur la face antérieure de l'aspiration sur la face postérieure. Or l'élément de surface n'est plus dans les mêmes conditions, puisque l'air ne le frappe que d'un côté. Si donc on voulait déterminer par le calcul la résistance au déplacement d'un corps, il faudrait tout d'abord opérer cette séparation, ce qu'on n'a pu faire jusqu'ici. On voit combien dans ces délicates recherches il faut se défier des abstractions mathématiques et se préoccuper des conditions physiques des phénomènes.

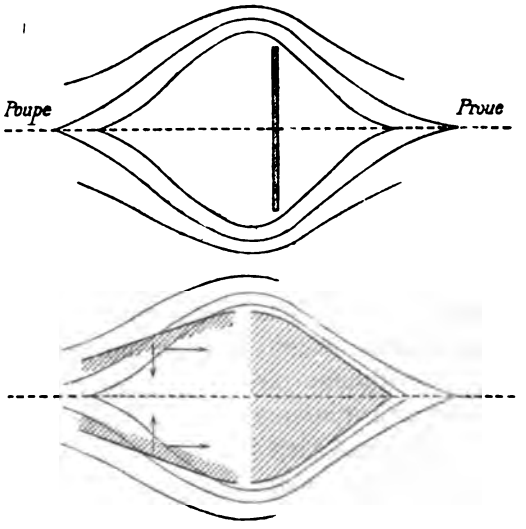


Fig. 28

Le rôle évident de la proue est d'écarter le fluide sans brusquerie, d'éviter l'emprisonnement de l'air ainsi que les remous qui en résultent. La poupe doit empêcher l'aspiration à l'arrière, en remplissant le vide partiel créé par le passage de la proue, afin que la compression à l'avant ne vienne pas s'augmenter de l'aspi-

ration sur la face postérieure *(fig. 28)* ; il semble même que son rôle peut être plus efficace encore, et qu'elle doit non seulement remplir le vide, mais encore pénétrer dans les veines fluides en les coupant sous un angle convenable ; de cette façon elle se fait serrer comme le coin par les lèvres qu'il a écartées, elle provoque une composante dans le sens de la marche et récupère une partie du travail dépensé par la proue.

N'en est-il pas ainsi pour les poissons et pour les oiseaux, et n'est-il pas évident que cette récupération est presque totale pour les volateurs qui traversent les mers sans prendre le moindre repos ? Comment expliquer autrement d'aussi longs parcours ? Bien qu'aucune espèce animale ne puisse produire pour sa locomotion autant de travail que l'oiseau (1), ce travail ne peut être que très faible quand le vol est longtemps soutenu.

Puisque la récupération à l'arrière du travail dépensé à l'avant paraît excellente chez les poissons et chez les oiseaux, il y a sans doute intérêt à étudier leur forme. Celle-ci peut se représenter schématiquement par les figures 29 ; pour les poissons, la figure supérieure représente la projection verticale, de telle sorte que les changements de direction s'obtiennent par des mouvements de la queue ; pour les oiseaux, la même figure représente la projection horizontale, de telle sorte que la queue aide les ailes à obtenir et à régler la sustentation ; les changements de direction s'obtiennent en avançant une aile par rapport à l'autre.

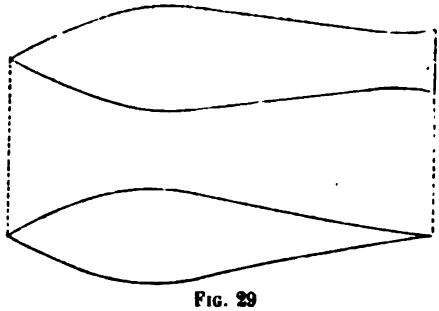


Fig. 29

Une semblable forme donnerait, pour une longueur et une force ascensionnelle déterminées, un maître couple beaucoup plus grand que la méridienne circulaire ; elle demanderait des précautions spéciales afin que l'étoffe restât toujours parfaitement tendue ; en outre, elle serait sans objet pour les ballons dirigeables, car on ne peut raisonnablement penser à imprimer à la poupe des mouvements latéraux analogues à ceux des poissons, alors que le gouvernail donne si simplement les changements de direction. Dans les

(1) En effet le poids des muscles pectoraux atteint en moyenne le 1/6 du poids total de l'oiseau ; or le travail qu'un muscle peut produire est proportionnel à son poids.

applications de ce genre, la Mécanique ne doit pas chercher à copier la Nature, mais à rivaliser avec elle en mettant habilement en œuvre les procédés qui lui sont propres. C'est ainsi que la locomotion sur terre a été obtenue, non pas en réalisant un cheval automate, mais en transformant en mouvement de rotation le va-et-vient d'un piston mû par la vapeur. Il en est de même pour la locomotion aérienne : la sustentation résulte soit de la différence des densités entre l'air et l'hydrogène, soit de la réaction de l'air sur une surface convenablement inclinée ; la propulsion est due à l'hélice ; les changements de direction sont obtenus par un organe distinct, le gouvernail.

Mais s'il est absurde de vouloir imiter servilement la nature, il serait également ridicule de ne pas tenir compte des enseignements qu'elle nous donne. Nous luttons contre les difficultés qu'elle-même a rencontrées et, dans les inimitables procédés qu'elle emploie pour les vaincre, nous pouvons dégager parfois une indication dont il importe de profiter. Or les poissons ont le maître-couple plus rapproché de la tête que de la queue (1). Que cette circonstance ait pour but de diminuer la résistance ou de faciliter la manœuvre dans l'eau, nous devons supposer qu'elle est utile puisqu'on la retrouve chez *tous* les poissons. C'est la réponse qu'on peut faire à l'argument d'après lequel les remarques précédentes seraient sans valeur, sous prétexte que la Nature a moins recherché la perfection que la variété des espèces. Si par exemple il était avantageux que la proue fût longue et la poupe très courte, il serait étrange, en raison de cet argument lui-même, qu'au moins la moitié des espèces n'eût pas cette forme. Or, non seulement la poupe a une plus grande longueur que la proue, mais elle se termine par une ligne droite, ce qui augmente encore son développement. Il est à peu près certain que ce développement a pour but de permettre aux filets d'air assez fortement écartés par la proue de se resserrer sur la poupe et de la chasser en avant : la forme même de l'arrière, sa grande surface et son arête effilée semblent donner raison à cette hypothèse, que vient encore appuyer la notion du faible travail musculaire donné par les poissons. Et comme il convient de conserver au ballon la forme d'une surface de révolution terminée par deux pointes, on est conduit à exagérer le rapport entre la proue et la

(1) Je ne parle pas des oiseaux, chez lesquels on constate moins nettement ce fait à cause de leur voilure. Du reste, au point de vue de la résistance du fluide, c'est plutôt au poisson qu'il faut comparer le ballon dirigeable, mobile équilibré qui se déplace suivant son axe.

poupe afin d'obtenir avec cette dernière une surface suffisante pour bien récupérer le travail dépensé à l'avant.

Il serait intéressant de vérifier ces considérations et d'étudier les variations de la résistance non seulement en fonction de l'allongement, mais aussi en fonction du rapport de la proue à la poupe. Malheureusement le calcul a été jusqu'à présent rebelle, et les quelques expériences qu'on a faites sont très insuffisantes.

En 1872, M. Paul Dupré, fils d'Athanase Dupré, a fait mouvoir un disque dans de l'air chargé d'épaisses fumées que traversait un rayon de soleil : il dessina les filets obtenus, et constata qu'ils sont plus allongés à l'arrière du disque. Dans ces dernières années, des expériences remarquables ont été faites à l'usine Krupp par MM. Mach et Salcher pour photographier l'état de l'air traversé par des projectiles animés de grandes vitesses. Au moment où le projectile passait devant une lentille à long foyer *(fig. 30)*,

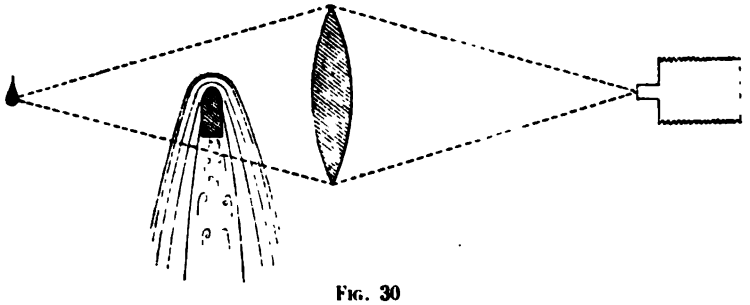


Fig. 30

il fermait un courant et une étincelle jaillissait. L'appareil photographique se trouvait au foyer conjugué de l'étincelle et prenait l'image du projectile. Grâce au changement de réfringence, l'air qui entourait le projectile se fixait aussi sur la plaque : on constata l'entrainement d'une masse d'air à contour parabolique, comprimée à l'avant et raréfiée dans le sillage du projectile, sillage où se produisaient de nombreux remous.

Le capitaine Faraud a trouvé par des expériences très simples, faites sur des corps en carton lestés à leur partie inférieure, qu'une proue ogivale semblable à celle de *la France* donne 0,238 comme coefficient de réduction ; en appliquant à un élément de surface la formule de la résistance indiquée par le commandant Renard, puis en intégrant, on trouve 0,1005 ! Le coefficient de réduction d'une poupe en forme de coin ayant un demi-angle de 20° fut trouvé égal à 0,55.

Il convient de faire remarquer que la méridienne donnant la

résistance minimum doit assurer en même temps la stabilité de route et la facilité des manœuvres. S'il en était autrement, il faudrait la rejeter. Ainsi il serait très difficile d'évoluer avec le ballon de Chalais poupe en tête : la moindre variation du vent produirait des tête-à-queue; le gouvernail placé à la proue ne serait efficace que si on le mettait au moins à une longueur de nacelle de la pointe arrière, ce qui compliquerait et alourdirait la construction. Ce serait une faute que d'opérer ainsi, la résistance dût-elle en être notablement réduite.

3. — Propulsion

La résistance à l'avancement du ballon *la France*, mesurée par des expériences directes, donna

$$R = 0{,}0215\ SV^2.$$

Or, le commandant Renard trouva pour le travail T sur l'arbre la formule

$$T = 0{,}0415\ SV^3.$$

Le rapport entre le travail de traction directe $0{,}0215\ SV^3$ et le travail sur l'arbre est donc très sensiblement $\frac{1}{2}$. On a le plus grand intérêt à augmenter ce rapport; or il dépend, d'une part, des résistances interposées entre le moteur et le propulseur, d'autre part du propulseur lui-même. On peut diminuer les résistances intermédiaires en étudiant les transmissions et en donnant à l'arbre moteur et au propulseur des vitesses aussi peu différentes que possible. Quant au propulseur, il faut chercher à élever son rendement.

Le seul appareil que je considérerai ici est l'hélice ; c'est à elle qu'ont eu recours Giffard, Dupuy de Lôme, Tissandier, Renard et Krebs ; elle paraît constituer le meilleur et le plus simple des propulseurs destinés à agir sur un fluide dans lequel ils sont entièrement plongés.

S'il est impossible de trouver autre chose que des formules empiriques pour exprimer la résistance au déplacement d'un plan, quelles difficultés ne doit-on pas éprouver à établir la théorie mathématique de l'hélice ! Le calcul ne peut être employé que dans le but d'obtenir des formules approchées, applicables seulement dans les conditions où l'on a déterminé les coefficients numériques qu'elles contiennent. Mais il est impossible d'en tirer des déductions rigoureuses sur la forme, le pas, le tracé des bras, etc. Pour

se rendre compte de l'influence réelle de ces éléments, il est donc nécessaire d'avoir recours à des expériences habilement conduites, guidées par des conceptions théoriques contrôlées sans cesse sous des formes aussi variées que possible.

Mais la méthode expérimentale n'est pas sans difficultés ; la petitesse des efforts à mesurer et la grandeur des résistances parasites introduites par les appareils rendent les mesures très délicates et demandent une grande ingéniosité dans les méthodes employées.

Expériences de Chalais. — Dans les expériences faites à Chalais pour mesurer la poussée à point fixe de l'hélice du ballon *la France*, le commandant Renard opéra de la façon suivante :

La nacelle était suspendue par un système équivalant à deux leviers égaux et parallèles AB, A'B', assez longs pour que l'appareil oscillât sans frottement appréciable *(fig. 31)*. L'hélice, mise en marche par une dynamo, tirait la nacelle ; pour ramener la ligne de foi FF en coïncidence avec le fil vertical du réticule d'une lunette fixe, il fallait mettre dans le plateau *p* un poids P qui mesurait la poussée.

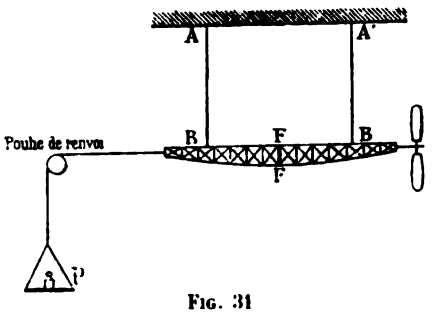


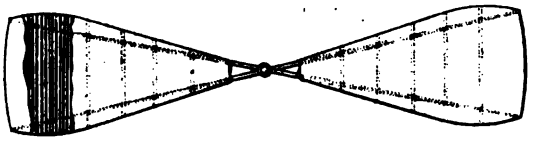
Fig. 31

On calculait d'après les indications de l'ampère- et du volt-mètre le nombre de watts qui entraient dans la dynamo. Un tableau des mesures au frein dressé à la suite d'expériences préalables permettait de déterminer, d'après ce nombre de watts, le travail sur l'arbre du moteur et par suite sur l'arbre de l'hélice. Les nombres trouvés pour l'hélice de *la France*, qui est représentée par les figures 32, furent les suivants :

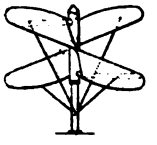
TRAVAIL SUR L'ARBRE de l'hélice T	NOMBRE DE TOURS par minute N	POUSSÉE P	$\frac{P}{T}$	$\frac{P}{T}N$	$\frac{P^2}{T^2}$
chx		*kg*			
27	17	8	0,296	5,04	0,70
70	24	15	0,214	5,14	0,69
150	32	26	0,173	5,53	0,78
242	35	35	0,145	5,08	0,73
364	40	47	0,129	5,17	0,78
617	48	64	0,104	5,00	0,69

Pour déduire de ces chiffres d'expériences les enseignements

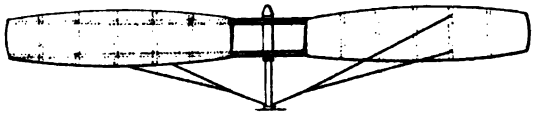
Echelle $\frac{1}{100}$.



Vue longitudinale suivant un plan perpendiculaire à l'axe



Vue par l'extrémité des ailes suivant un plan parallèle à l'axe.



Vue longitudinale suivant un plan parallèle à l'axe.

FIG. 32.

qu'ils comportent, imaginons que le travail T, au lieu d'être employé à faire tourner une hélice, donne un mouvement de va-et-vient de vitesse v à deux disques circulaires de surface s, et de façon que le disque qui va en sens contraire de la marche du dirigeable reçoive l'air normalement *(fig. 33)* et que le disque qui va dans le sens de la marche le reçoive par sa tranche : l'effet est identique à celui que produirait le recul continu d'une surface s. Or, si l'on admet que la résistance de l'air soit égale à Ksv^2, il en résulte une poussée

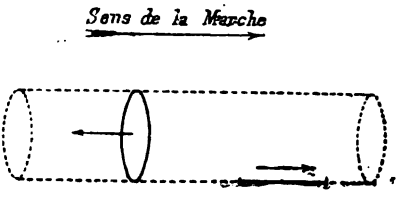


FIG. 33.

$$p = Ksv^2 ;$$

d'autre part

$$T = Ksv^3,$$

d'où

$$\frac{p^3}{T^2} = Ks.$$

Ainsi, la quantité $\frac{p^3}{T^2}$ est indépendante de v. Or, il en est précisément de même pour l'hélice, ainsi que le montre la dernière colonne du tableau précédent, où les valeurs observées peuvent être considérées comme constantes dans les limites des erreurs d'observation. On peut donc déterminer une surface s et une vitesse v telles que le mécanisme précédent donne, pour un travail déterminé T, la même poussée $p = P$ que l'hélice, et par conséquent lui soit équivalent. Si l'on pose $\frac{P^3}{T^2} = l$, il suffit pour cela que l'on ait

$$s = \frac{l}{K}, \quad v^2 = \frac{P}{l}.$$

Par suite, si l'on veut comparer la puissance de deux hélices H et H_1, quand on connaît les valeurs l et l_1 du rapport $\frac{P^3}{T^2}$, on peut calculer par les formules précédentes les surfaces figuratives s et s_1 ainsi que les vitesses v et v_1 : rien n'est alors plus facile que de voir laquelle des deux surfaces figuratives, et par conséquent laquelle des deux hélices, est supérieure à l'autre. Ce moyen de comparaison permet de rechercher la forme d'hélice la plus avantageuse pour l'allure qu'on veut donner au ballon.

Certains auteurs ont considéré le rapport $\frac{P}{T}$, c'est-à-dire l'effort par unité de travail, comme donnant en quelque sorte la mesure de la puissance de l'hélice. Aussi, quand le commandant Renard annonça que l'hélice de *la France*, marchant à 48 tours par minute, avait donné un effort de 64 *kg* pour une dépense de 617 *kgm*, soit 0,104 *kg* par kilogrammètre, on déclara ce propulseur détestable sous prétexte que d'autres plus petits avaient donné un rapport deux ou trois fois plus grand. Or il résulte de ce qui précède que le rapport $\frac{P}{T}$ varie en raison inverse de la vitesse et par suite du nombre de tours, ce que vérifie bien le tableau précédent où $\frac{P}{T}N$ est très sensiblement constant. Le rapport $\frac{P}{T}$, qui varie pour une même hélice proportionnellement au nombre de tours, ne peut donc en mesurer la puissance.

Au contraire, la connaissance du rapport $l = \frac{P^3}{T^2}$ peut servir à évaluer cette puissance. En effet, par suite de la possibilité d'assimiler l'hélice à un plan orthogonal, on peut écrire les équations suivantes :

$$\frac{P}{N^2} = c^{te} = a,$$

$$\frac{T}{N^3} = c^{te} = b,$$

$$\frac{a^3}{b^2} = l.$$

Il suffit donc de mesurer une fois pour toutes a et b pour avoir P, T et N quand on se donne arbitrairement une de ces trois quantités. Mais il importe que la détermination de a et de b soit faite en mesurant *simultanément* le travail, la vitesse et l'effort, ces mesures étant indépendantes des causes d'erreur introduites par les résistances accessoires du mécanisme.

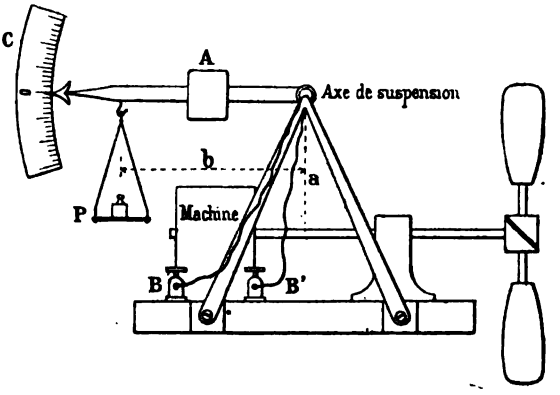


Fig. 34.

Telles sont les conditions qui ont guidé le commandant Renard dans la construction de la machine à essayer les hélices qu'il a inventée dans ces dernières années *(fig. 34)*. Voici comment le savant officier décrit cet appareil :

« Supposons d'abord, dit-il, qu'il s'agisse de mesurer l'effort. L'hélice et son moteur, qui sera constitué par une machine dynamo, seront installés sur un même bâti aussi léger que possible. Tout l'ensemble sera ensuite suspendu à un axe horizontal perpendiculaire à l'axe de l'hélice. Le courant arrivera au moteur par un fil très souple aboutissant à deux bornes BB'.

Au repos, la manœuvre d'un contrepoids A permettra d'amener l'extrémité d'une longue aiguille au zéro d'un cadran fixe C.

L'hélice étant ensuite mise en mouvement, l'effort de poussée rejettera tout l'appareil vers la gauche, et l'aiguille indiquera ce mouvement en s'écartant du zéro vers le haut de la graduation. On la ramènera au zéro en plaçant des poids dans le plateau P.

A cet instant il y aura équilibre entre la poussée et les poids additionnels, et, si l'on désigne par a la plus courte distance de l'axe de l'hélice à l'axe de suspension et par b le bras de levier du plateau par rapport à l'axe de suspension, on aura évidemment :

$$Pa = bm$$

m étant le poids placé dans le plateau, d'où :

$$P = \frac{bm}{a}.$$

En somme la poussée sera directement mesurée, sans que les frottements de l'axe de rotation sur ses coussinets interviennent en rien, et l'on aura un degré de précision tout à fait comparable à celui d'une balance, si l'on a soin de suspendre l'appareil à un axe portant, au lieu de tourillons, des couteaux d'acier trempé.

S'il s'agissait de mesurer le travail, on commencerait par mesurer le moment moteur M. Pour cela le même appareil serait suspendu à un axe horizontal, parallèle cette fois à l'axe de rotation et supérieur à cet axe. Le moment moteur est évidemment égal au moment des forces de réaction de l'air agissant sur les ailes de l'hélice et par conséquent sur tout le bâti. Dès que l'hélice sera mise en mouvement, ces forces de réaction tendront à faire tourner tout l'appareil en sens inverse, et il ne sera arrêté que par son moment de stabilité autour de son axe de suspension.

Si l'on ramène alors l'ensemble au zéro d'une graduation appropriée en plaçant un poids n dans un plateau spécial ayant un bras de levier b', on aura évidemment :

$$M = nb'.$$

Le travail sera connu quand on connaîtra la vitesse angulaire ω et l'on aura :

$$T = M\omega.$$

Pour que ces mesures soient simultanées, il suffit de suspendre simultanément le bâti aux deux axes précités, le premier que nous appellerons l'axe transversal, et le second l'axe longitudinal. On aura ainsi une suspension à la Cardan.

Le mouvement de l'hélice déterminera deux déviations simultanées que l'on annulera par des poids placés dans les deux plateaux. La vitesse sera mesurée au moyen d'un compteur de tours porté par le bâti et embrayé électriquement de façon à ne déterminer au moment de l'embrayage que des forces intérieures. On aura donc ainsi le moyen de mesurer simultanément : la poussée P, le moment M et la vitesse ω, ou le nombre N de tours par seconde.

Le travail sera donné par la formule :

$$T = M\omega = M \times 2\pi N \text{ (1). »}$$

Grâce à de nombreux essais faits avec cet appareil et à d'intéressantes considérations, d'une part sur la qualité de l'hélice ou rapport de la surface figurative *s* à la surface S décrite par les ailes, d'autre part sur la qualité des ailes ou rapport de *s* à leur surface, le commandant Renard a trouvé, paraît-il, une hélice de formes beaucoup plus avantageuses que celles de *la France ;* naturellement cette hélice conduira *le Général-Meusnier*.

Appareil de M. Langley. — Il serait très important que dans les expériences précédentes l'air se renouvelât au contact de l'hélice : tel n'est pas malheureusement le cas de l'appareil de Chalais.

En Amérique, un astronome distingué de Washington, M. Langley, correspondant de l'Institut, a construit une curieuse machine qui remplit cette condition ; cette machine *(fig. 35)* inscrit sur un

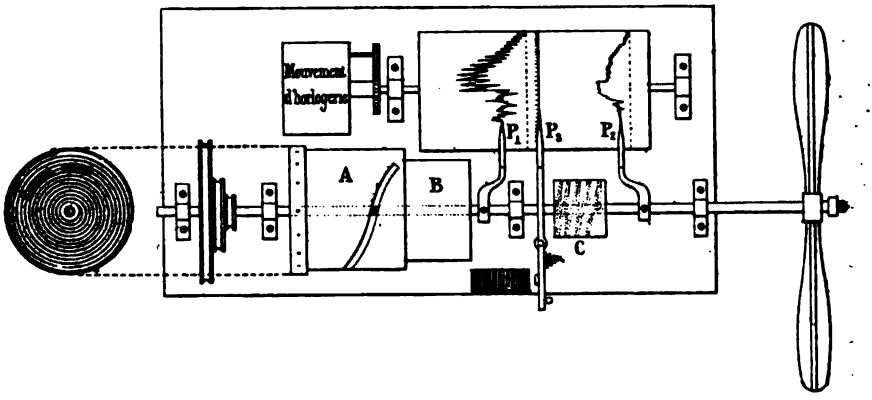


FIG. 35.

cylindre enregistreur à la fois la force propulsive de l'hélice et la puissance dépensée.

(1) La machine à essayer les hélices, par le commandant Renard. *(Revue de l'Aéronautique de 1889.)*

L'arbre est coupé en deux parties terminées chacune, du côté de la coupure, par deux cylindres A B mobiles l'un dans l'autre; au premier est attachée l'extrémité extérieure d'un ressort spiral dont l'extrémité intérieure est fixée à la partie de l'arbre qui porte le cylindre B; celui-ci est muni d'un curseur qui s'engage dans une rainure hélicoïdale creusée sur le cylindre A. Enfin, l'arbre a été coupé à l'intérieur d'un troisième cylindre C, de façon que les deux parties tournent ensemble et ne puissent se déplacer l'une par rapport à l'autre que suivant l'axe; l'effort suivant l'axe est contre-balancé par l'action d'un ressort à boudin contenu dans le cylindre C.

Si on fait tourner, sous l'action d'une pédale par exemple, la partie de l'arbre opposée à l'hélice, le couple moteur se transmet à celle-ci par l'intermédiaire du ressort spiral et il en résulte, grâce au mouvement du curseur dans la rainure hélicoïdale, des déplacements du crayon P_1 qui s'enregistrent sur un cylindre tournant. Sous l'effort de la rotation, l'hélice avance ou recule suivant qu'il y a accélération ou ralentissement de la vitesse, et ses déplacements s'enregistrent par l'intermédiaire du crayon P_2. Un troisième crayon P_3 inscrit les battements d'une horloge. A l'aide de graduations empiriques préalables, on peut déduire de ces tracés la valeur de la force propulsive en fonction de la puissance dépensée.

Pour que l'air se renouvelle au contact de l'hélice, M. Langley avait installé son appareil sur le manège qui lui a servi à faire ses célèbres expériences d'Aérodynamique (1). Deux bras de 9,15 *m* de longueur se prolongeaient suivant un diamètre; à l'extrémité de l'un d'eux on montait l'appareil précédent sur une balance spéciale au pied de laquelle se trouvait un électromoteur qui était actionné par une dynamo fixe, et donnait le mouvement à l'hélice.

Les conclusions de M. Langley ne sont pas très suggestives : « Tout d'abord, dit-il, l'efficacité est plus grande avec un petit nombre d'ailes. Le cas de l'hélice propulsive est, en effet, tout différent de celui d'un moulin à vent; ces appareils ne sont pas réciproques et il faudrait plutôt comparer ce dernier à l'hélice du ventilateur. Pour le moulin à vent, la pratique et la théorie

(1) Ces expériences ont été exécutées de 1888 à 1891 avec un soin remarquable. Le mémoire où elles sont décrites, présenté en 1891 par M. Berthelot à l'Académie des Sciences, obtint l'honneur d'être imprimé en entier. Il offre cependant prise à de sérieuses critiques et ses assertions en ce qui concerne l'Aviation sont beaucoup trop optimistes. Au reste, la plupart des lois que M. Langley croyait avoir découvertes se trouvent dans les travaux de Borda, Dupré, Pénaud, etc., — ce que probablement l'Académie ignorait.

montrent qu'il y a avantage à ce que les ailes couvrent la totalité du cercle circonscrit; pour l'hélice propulsive, si les ailes sont nombreuses, chacune frappe de l'air déjà frappé par les précédentes, de l'air ayant déjà cédé sous leur pression et n'offrant plus la même résistance que celui qui n'a pas encore été agité. — En outre, plus grande est la vitesse d'avancement, plus faible est le recul et plus forte est l'efficacité de l'hélice. » Ces considérations n'ont certes pas la précision de celles que j'ai développées plus haut.

Bref, l'expérience et la théorie laissent beaucoup de points obscurs dans cette délicate question des carènes et des hélices aériennes. C'est peut-être avec le dirigeable lui-même qu'on réussira à éclairer ces points obscurs : en effet, le navire aérien place l'observateur au sein d'une immense masse d'air animée d'un mouvement rectiligne de vitesse et de direction connues ; il se prête donc parfaitement à ce genre de recherches.

TROISIÈME PARTIE

1. — Les moteurs légers.

La question des moteurs légers est si complexe, elle est susceptible de solutions si différentes, que son étude détaillée sort des limites de mon programme ; au surplus, je devrais me récuser pour incompétence. Je me bornerai donc à des considérations générales, étayées autant que possible sur des chiffres que l'expérience a consacrés.

Il est impossible de donner des règles précises pour obtenir l'allégement de la machinerie proprement dite. L'étude de l'agencement des diverses parties; la suppression de toutes les pièces inutiles et l'emploi pour les autres du métal qui travaille le mieux, à égalité de poids, en vue de l'effort à supporter ; le choix des formes, solides d'égale résistance, évidements, etc...; le soin d'éviter les chocs, d'équilibrer les organes animés de mouvements rapides et enfin de confier, quand cela se peut, plusieurs fonctions à une même pièce : tels sont, rapidement énumérés, les principaux moyens de réaliser la légèreté de la machinerie. On fonde de grandes espérances sur l'emploi de l'acier au nickel dans la construction des pièces actives ; pour les bâtis, on pourra substituer à la fonte et à l'acier coulé soit des tôles d'acier assemblées et renforcées suivant la gradation des résistances, comme on l'a fait à bord de certains torpilleurs, soit le bronze d'aluminium, comme font MM. Escher, Wyss et Cie pour leurs nouveaux moteurs à explosion. Quant à l'emploi de l'aluminium seul ou à l'état d'alliage pour la construction des organes mêmes de la machine, on n'y peut guère songer, pour le moment du moins. Je crois savoir qu'à Chalais-Meudon, aux essais du nouveau moteur, on a dû remplacer la plupart des pièces où cette application avait été tentée.

Mais la légèreté s'obtiendra surtout par le choix judicieux des agents destinés à tranformer l'énergie en travail mécanique. C'est à cette question, de beaucoup la plus intéressante, que je consacrerai cette troisième Partie. Je commence par la comparaison entre les machines à vapeur et les moteurs électriques.

1. — Comparaison entre la machine a vapeur et le moteur électrique

Les seuls moteurs employés jusqu'ici dans la navigation aérienne sont les machines à vapeur et les dynamos actionnées par des piles. Aux premiers on a reproché le délestage continu dû à la combustion et les dangers que présente un foyer placé au-dessous d'un énorme réservoir d'hydrogène assez mal fermé ; aux seconds, qui n'ont pas ces défauts, on reproche le poids de la pile. Je ne m'occuperai pas du danger d'incendie, qui n'a pas arrêté Giffard, et qu'il est facile de conjurer, mais je vais rechercher quels sont, au point de vue de la légèreté, les avantages d'un système sur l'autre.

Moteur proprement dit. — Considérons d'abord le moteur.

La construction des dynamos a fait depuis quelques années beaucoup de progrès, et l'on obtient aujourd'hui une grande puissance avec un poids de métal relativement minime. Les moteurs Rechniewsky de 5 *chx* pèsent environ 65 *kg* par cheval, et ce poids, qui diminue avec la force des machines, s'abaisse à 45 *kg* pour les moteurs de 20 à 30 *chx*. Les dynamos multiplex Sautter-Lemonnier de 40 à 60 *chx* ont un poids de 35 *kg* environ

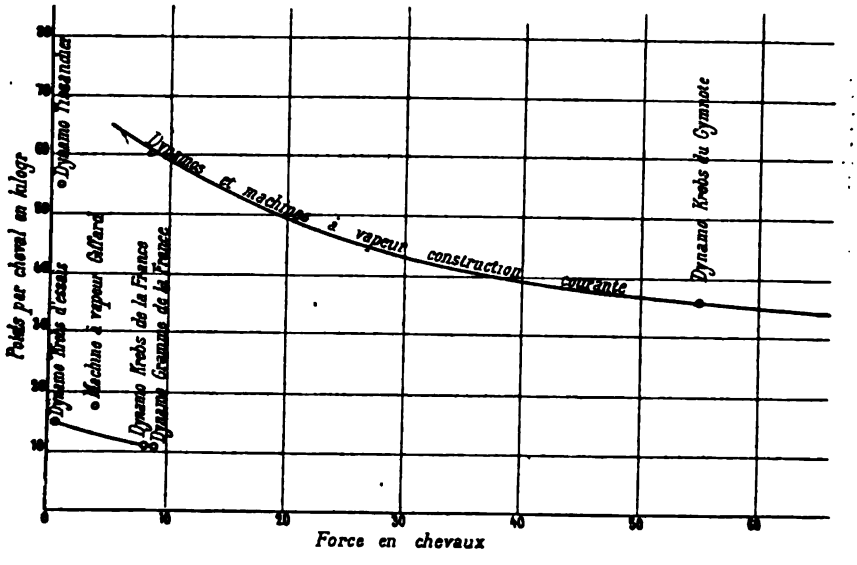


Fig. 36.

par cheval, poids qui descend rapidement à 30 quand la force

augmente. Toutefois, cette diminution du poids en raison inverse de la force tend assez vite vers une limite, et si l'on représente graphiquement le poids par cheval en fraction de la puissance, on obtient, pour les dynamos considérées qui sont d'une construction courante, la courbe figurée en 36. Le moteur qui a servi dans les expériences du bateau sous-marin *le Gymnote*, et qui est dû au commandant Krebs, se trouve sensiblement sur cette courbe; il avait en effet une force de 55 *chx* et pesait 36,3 *kg* par cheval.

Si l'on veut appliquer les dynamos à la direction des aérostats, il est clair qu'on cherchera à obtenir des poids encore moindres. La dynamo de 1,33 *ch* employée par M. Tissandier et qui pesait 55 *kg* par cheval, ne réalisait qu'une faible économie. Mais la dynamo Krebs de 50 *kgm* qui fit fonctionner un petit dirigeable de 60 m^3 pour essais avant le ballon de 1884, pesait 10 *kg*, soit 15 *kg* par cheval. La dynamo Krebs de *la France* avait une puissance de 8,5 *chx* et son poids par cheval était de 11,5 *kg;* enfin, la dynamo Gramme de 9 *chx* qui la remplaça réduisit ce poids à 11 *kg*, mais il fallut donner à l'anneau l'énorme vitesse de 3 600 tours par minute, ce qui nécessita des précautions multiples pour empêcher les axes de s'échauffer et demanda de nombreuses améliorations dans la transmission et le mode de graissage.

Voyons maintenant quels sont les poids des machines à vapeur sans leur chaudière et sans leur approvisionnement en eau et en combustible.

Les moteurs légers de construction courante semblent avoir à peu près les mêmes poids que les dynamos. Les moteurs de 1 000 *chx* qu'on emploie à bord des torpilleurs pèsent une vingtaine de kilogrammes par cheval *indiqué;* dans ses derniers torpilleurs, M. Normand a même réduit ce poids à 17 *kg* environ. Le poids du cheval *sur l'arbre* est donc sensiblement sur le prolongement de la courbe obtenue pour les dynamos légères de construction courante. Dans les machines à condensation, ce poids est d'autant plus faible que la condensation est plus active.

Si l'on construit un moteur spécialement en vue de la navigation aérienne, on peut obtenir des réductions comparables à celles que réalisèrent MM. Gramme et Krebs. Ainsi Giffard obtint 16,7 *kg* par cheval pour 3 *chx* sur l'arbre. Du reste, une différence de 2 à 3 *kg* par cheval ne serait sensible que pour un voyage de faible durée; elle deviendrait insignifiante pour un voyage de 10 heures.

puisqu'elle n'entrerait que pour 0,2 à 0,3 dans le poids du cheval-heure.

Si donc il y a une supériorité marquée d'un système sur l'autre, cette supériorité est due au générateur.

Générateur. — Dégageons tout d'abord les différences, au point de vue qui nous occupe, entre la chaudière et la pile. A cet effet, considérons-les comme le siège d'une combustion produisant des calories qu'un agent transporte au moteur pour les y transformer en travail mécanique ; cet agent sera la vapeur d'eau dans un cas, et, dans l'autre, le courant impondérable qui va des pôles de la pile aux bornes d'entrée de la dynamo. Tandis qu'il est d'un poids nul pour la pile, il constitue pour la chaudière un impedimentum considérable. En effet, si l'on opère sans condensation, il faut une provision d'eau proportionnelle à la durée. Si l'on condense la vapeur, il faut soit un poids d'eau froide également proportionnel à la durée pour produire la condensation, soit un condenseur à surface toujours très lourd et dont l'emploi ne peut être avantageux que s'il est appelé à fonctionner longtemps. Par contre, la mise en œuvre de l'agent de transport nécessite dans la pile un poids de liquide et de sels qui devient considérable si la marche est longue, tandis qu'avec les machines à vapeur le poids du combustible n'est pas aussi grand et que le poids du comburant est nul, puisqu'il est constitué par l'air lui-même.

La durée possible du voyage est donc un facteur important de la comparaison que je cherche à établir. Pour bien nous fixer, voyons quelles sont les valeurs du cheval-heure aux différentes durées.

MM. Tissandier emportèrent 24 éléments de 7 à 8 *kg*, plus une certaine provision de liquide de façon à pouvoir prolonger l'action du moteur pendant 2 heures et demie ; le poids total était de 225 *kg*, et la force de 1 1/3 *ch*, ce qui met, pendant cette durée, le poids moyen du cheval-heure à 68 *kg*. Ce poids varierait peu si l'on emportait des approvisionnements pour une durée plus grande, car les vases, qui sont en ébonite et par suite très légers, ne devaient pas peser plus du 1/10e du poids total de la pile ; de sorte que le poids du cheval-heure tend vers 9/10e 68 = 61 *kg* quand la durée augmente. C'est ce que représente la courbe figurative du graphique 37.

MM. Renard et Krebs emportèrent 400 *kg* de piles pour fournir, sans renouvellement de liquide, 9 *ch* pendant 1 heure trois quarts,

ce qui met le cheval-heure à 25 *kg* en moyenne pendant cette durée. En admettant encore, ce qui s'accorde assez bien avec ce que l'on sait sur la capacité électrique de la liqueur employée, que le poids du liquide et des électrodes fût les 9/10e du poids total, on obtient 9/10 25 = 22,5 *kg* aux très grandes durées.

Examinons maintenant les générateurs des machines à vapeur.

Le générateur construit en 1852 par Giffard pesait 100 *kg* ; il consommait par heure environ 60 *kg* d'eau et de combustible et donnait 3 *ch* sur l'arbre, ce qui met le poids moyen du cheval à 53 *kg* pour la première heure.

Quelques années plus tard, M. Louis du Temple, capitaine de frégate, inventa un moteur léger destiné à réaliser la navigation aérienne avec un appareil plus lourd que l'air que son frère avait imaginé. Cet essai eut le sort malheureux de tous ceux qu'on a tentés dans cette voie, mais la chaudière du Temple, basée sur la séparation complète des courants ascendants et descendants, avait des qualités si remarquables au point de vue de la légèreté et de l'utilisation du combustible qu'on l'adopta pour les torpilleurs, où ces conditions sont essentielles ; l'avenir lui réserve peut-être de reprendre sa destination primitive.

La chaudière qui figurait à l'Exposition de 1878 pesait 300 *kg*. et donnait avec un tirage ordinaire 140 *kg* de vapeur à 5 atmosphères par heure ; ce type et quelques autres me conduisent à admettre, pour les chaudières qu'on pourrait placer à bord d'un navire aérien, 1 *kg* de vapeur pour 2 *kg* de chaudière. Quant à la consommation de charbon, M. Normand l'a réduite dans ses derniers torpilleurs à moins de 0,500 *kg* par cheval *indiqué* ; il est vrai que le moteur absorbait seulement 4,500 *kg* de vapeur pour développer ce cheval, de sorte qu'on doit évaluer la dépense de charbon des chaudières employées à un peu plus de 0,100 *kg* par kilogramme de vapeur. Étant donné que le moteur d'un ballon dirigeable doit satisfaire à des exigences spéciales, j'admettrai que la chaudière dépense 0,120 *kg* de charbon par kilogramme de vapeur, et qu'il faut 15 *kg* de vapeur pour donner un cheval sur l'arbre dans les moteurs sans condensation. Avec ces données moyennes, on voit qu'à 1/15 de cheval sur l'arbre correspondent 1 *kg* de vapeur, 2 *kg* de chaudière, et 0,120 *kg* de charbon, en tout 3,120 *kg*, ce qui met le poids du générateur à 46,8 *kg* par cheval-heure. C'est presque le double du poids obtenu avec la pile Renard *(fig. 37)*.

Mais le résultat change si l'on s'impose une durée plus en

rapport avec les besoins de la pratique, 10 heures par exemple ; en effet, le poids de la chaudière se répartit sur cette durée, de sorte qu'à 1/15 de cheval correspond un poids de 1 + 0,2 + 0,12 = 1,32 *kg*, ce qui met le poids du générateur à 19,8 *kg* par cheval-heure. Remarquons toutefois que cette diminution s'enraie très

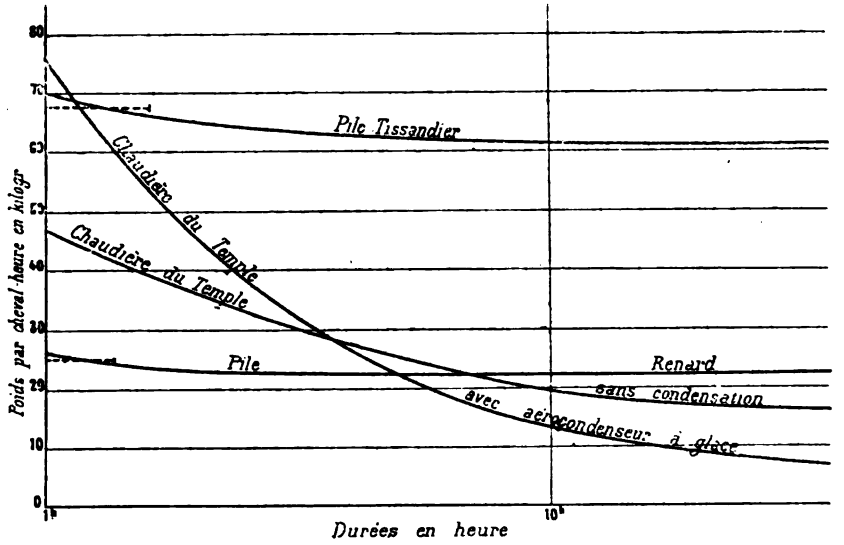


FIG. 37.

rapidement, et que le poids du cheval-heure tend vers une limite qui est, dans le cas présent, de 1,12 × 15 = 16,8 *kg* ; la courbe représentative est donc asymptote à la droite 16,8.

Ces résultats seraient encore exagérés si l'on pouvait employer des machines à condensation. Malheureusement les condenseurs actuels exigent eux-mêmes une très grande quantité d'eau. Si l'on demande à l'air ambiant, constamment renouvelé par la marche du ballon, de condenser la vapeur, on est conduit à prendre des surfaces très vastes, par suite encombrantes et lourdes. C'est précisément à l'homme qui, le premier, voulut appliquer la machine à vapeur à la navigation aérienne, c'est à Giffard que revient l'idée de l'aérocondenseur. Cet appareil, formé d'une série de tuyaux méplats à large surface, fut expérimenté dans les ateliers que M. Flaud venait de fonder, mais ne servit dans aucun voyage aérien. Le ballon que M. Yon, élève de Giffard, a construit pour la Russie possède un appareil semblable, présentant une surface équivalant à 55 m^2 ; aux essais, on reconnut que la condensation

était absolument insuffisante. Dans un nouveau projet de dirigeable qu'il a en portefeuille, M. Yon prévoit un aérocondenseur système Foucher, caractérisé par la légèreté de ses tubes et par l'adjonction d'un ventilateur ; cet appareil aurait une surface équivalant à 125 m^2 et pèserait 440 *kg*, soit environ le poids de la chaudière sans eau ; il ne donnerait qu'un vide relatif de 150 *mm* de mercure. Pour augmenter le degré du vide, M. Derval (1), Ingénieur des arts et manufactures, a décrit un appareil dans lequel un réservoir contenant de la glace condense la vapeur qui a résisté à l'action des tubes ; mais cet aérocondenseur n'a pas encore prouvé sous quel poids il est efficace. J'insiste sur cette question en raison de son importance, et j'ajoute qu'un condenseur léger donnerait des progrès d'autant plus sensibles qu'en permettant d'augmenter la vitesse de marche il augmenterait sa propre efficacité.

Voyons quel changement la condensation apporterait dans le poids du cheval-heure. Supposons qu'on adjoigne aux chaudières du Temple que nous avons considérées un aérocondenseur à glace qui pèse le double de la chaudière et consomme par heure un poids de glace égal à la moitié du poids de la valeur produite : ce sont là des conditions peu avantageuses, qui donnent aux faibles durées un poids très grand par cheval-heure, mais qui procurent une économie notable dans un dirigeable étudié en vue d'un voyage un peu long. En effet, on peut compter, en raison du vide obtenu, que le kilogramme de vapeur donnerait 1/10 de cheval sur l'arbre. M. Normand a même obtenu 1/6 dans ses derniers torpilleurs, mais il faut dire que le vide se faisait à 0,15 *kg*. Donc à 1/10 de cheval correspondent : pour 1 heure 1 *kg* de vapeur + 2 *kg* de chaudière + 0,12 *kg* de charbon + 4 *kg* d'aérocondenseur + 0,5 *kg* de glace, en tout 7,62 *kg*, soit 76,2 *kg* par cheval-heure : et pour 10 heures 0,1 + 0,2 + 0,12 + 0,4 + 0,5 = 1,32 *kg*, soit 13,2 *kg* par cheval-heure. La courbe représentative est asymptote à la droite à $0{,}62 \times 10 = 6{,}20$ (*fig. 37*).

Bien entendu, les deux graphiques précédents n'ont pour but que de représenter l'allure générale des phénomènes.

Conclusion. — Nous pouvons maintenant conclure. Les dynamos présentent de grands avantages quand il s'agit de réaliser la direction pendant un temps relativement court, 1 heure et demie à 2 heures, mais elles sont dépassées par les machines à vapeur

(1) E. Derval. — *Etude sur la navigation aérienne.*

quand il s'agit d'évoluer pendant une journée, but vers lequel doit tendre la navigation aérienne.

Le moteur Tissandier pesait, tout compris, 150 *kg* par cheval sur l'arbre, et le moteur de Chalais 75 *kg*. M. Yon prétend réduire ce dernier poids du tiers, en employant une chaudière très légère du système de Dion-Bouton-Trépardoux et un aérocondenseur Foucher. M. Maxim, l'électricien bien connu, a construit récemment un aéroplane (qui du reste ne fonctionne pas mieux que les autres appareils de ce genre, en raison des difficultés qu'on éprouve à obtenir la stabilité), et cet aéroplane possède une machine à vapeur des plus remarquables dans laquelle le poids serait moindre que dans les moteurs précédents ; l'aérocondenseur est formé par l'aéroplane même. La *Revue de l'Aéronautique* publiera prochainement la description complète de cette machine.

On a reproché aux officiers de Meudon d'avoir suivi la voie indiquée par MM. Tissandier en adoptant le moteur électrique pour leurs expériences de 1884 et 1885. Vous voyez, Messieurs, que ce reproche n'est pas fondé. Quel était, en effet, l'état du problème à l'époque où ces savants le reprirent? Giffard, Dupuy de Lôme, Tissandier avaient échoué faute d'une vitesse propre suffisante. Il fallait donc augmenter cette vitesse, la doubler, c'est-à-dire réaliser un moteur pesant huit fois moins que les moteurs les plus légers construits jusqu'alors. Cette condition était assez draconienne pour qu'on dût se contenter d'une durée de marche relativement faible. Qu'importait, du reste, une courte durée? L'indispensable, c'était de prouver la direction en se dirigeant, comme le philosophe de l'antiquité prouvait le mouvement en marchant; c'était de frapper le public, indifférent et sceptique, par une brillante démonstration ; c'était aussi de montrer à l'État que les crédits ouverts n'avaient pas été dépensés en pure perte, et que le problème, entré dans une voie nouvelle, devenait digne de toute sa sollicitude. Dans ces conditions, le moteur électrique s'imposait, et il faut autant féliciter MM. Renard et Krebs de l'avoir choisi pour leurs premières expériences que de l'avoir abandonné depuis.

La machine à vapeur conservera sa supériorité. — Ainsi donc, telle qu'elle est, la machine à vapeur est supérieure au moteur électrique quand il s'agit d'obtenir la navigation aérienne pendant plus d'une demi-journée. Cette supériorité se conservera-t-elle? C'est ce que je vais rechercher.

On pourra évidemment réduire encore le poids des dynamos, mais il semble difficile d'obtenir des piles beaucoup plus légères que celles du commandant Renard, non qu'il soit impossible de faire mieux, mais parce que le progrès est forcément très lent quand on est parvenu à un certain degré de perfection. Il n'y a même pas à compter sur les accumulateurs qui ont donné à une certaine époque les plus grandes espérances et dont le commandant Renard s'occupa avant d'étudier les piles ; les plus légers, le Faure-Sellon-Volckinar et le Laurent Cély, pèsent trois fois plus que la pile Renard. On pourrait sans doute diminuer ces poids en prenant une base autre que le plomb, mais je crois difficile d'obtenir avec 1 *kg* de plaque le travail que peut développer 1 *kg* des produits chimiques qui composent une bonne pile ; de même en effet qu'il faudrait comprimer 1 *kg* d'air à plusieurs milliers d'atmosphères pour obtenir le travail équivalent aux 8 000 calories que donne la combustion de 1 *kg* de coke, de même il faudrait probablement emmagasiner l'énergie électrique à une énorme tension pour que 1 *kg* de plaque pût produire le travail de 1 *kg* des éléments d'une pile. On ne doit donc pas s'attendre à ce que le cheval électrique devienne prochainement très léger, et je crois que la machine à vapeur conservera d'autant mieux sa supériorité qu'elle-même est susceptible de perfectionnements importants dont je vais dire quelques mots.

Dans le moteur proprement dit, il y aurait lieu de rechercher un dispositif donnant directement le mouvement de rotation, au lieu du mouvement de va-et-vient du piston. Un appareil dont la création remonte à près d'un demi-siècle, mais qui n'a été rendu pratique que dans ces dernières années, semble à première vue réaliser cette condition avec une grande économie de poids : je veux parler du turbo-moteur. Malheureusement, son principe même suppose des vitesses considérables auxquelles est due précisément son excessive légèreté. Ces vitesses peuvent convenir dans certains cas, par exemple pour obtenir la lumière électrique, mais il semble qu'elles sont un obstacle à l'emploi du turbo-moteur pour la navigation aérienne, du moins au point où elle en est. En prenant les moins grandes vitesses, 5 à 6 000 tours par minute, on voit qu'il faudrait encore, pour arriver aux vitesses des hélices actuelles, des engrenages qui absorberaient tous les avantages de ces moteurs.

C'est donc au générateur surtout qu'il faut demander l'allégement. Remarquons tout d'abord que le poids par cheval de la

chaudière vide diminue, comme celui du moteur, quand la puissance augmente; au contraire, le poids par cheval de la pile non chargée reste à peu près constant, puisque le nombre des éléments est sensiblement proportionnel à la puissance : c'est un avantage en faveur de la machine à vapeur qui s'affirmera de plus en plus avec les moteurs de puissance toujours croissante qu'emploieront les ballons dirigeables. Quant aux autres perfectionnements, le plus important résultera, à mon avis, de la découverte d'un condenseur léger.

Dans cet ordre d'idées, la recherche de dispositifs propres à augmenter le pouvoir réfrigérant par unité de poids du condenseur n'est pas suffisante; il faut en même temps se préoccuper de diminuer le nombre de calories à enlever à la vapeur. Le moyen est simple, puisqu'il suffit de remplacer l'eau par des liquides dont la vapeur ait une grande pression et se produise à des températures relativement faibles. On réaliserait ainsi une économie à la fois sur le poids du condenseur, sur celui du charbon, et même sur celui du générateur, car il est évident qu'avec de pareils liquides il n'y aura plus besoin d'aussi lourdes chaudières. De nombreux liquides conviennent, et s'ils n'ont pas depuis longtemps remplacé l'eau, c'est que celle-ci se trouve partout et pour rien : mais, dans le problème qui nous occupe, les considérations de prix sont tout à fait secondaires; quand on aura réussi, on verra à diminuer le prix de revient. Parmi ces liquides, je citerai le chloroforme, l'éther sulfurique, le sulfure de carbone qui se vaporisent aux environs de 50°, et certains produits de la famille du pétrole, comme le naphte et la gazoline, qui se vaporisent à des températures encore moindres.

Messieurs, l'emploi de moteurs conçus dans ces conditions s'est présenté plusieurs fois à votre examen depuis quelques années; je n'insisterai donc pas. En particulier toutes les fois où la légèreté s'est imposée, vous avez été amenés à vous préoccuper de ces moteurs, qui du reste ne sont pas précisément nouveaux; c'est ainsi que l'an dernier, M. Gaudry (1), dans sa très intéressante Communication sur la navigation à grande vitesse, vous rappelait les remarquables essais de Lafont et du Trembley avec des vapeurs combinées et préconisait l'emploi, non plus de l'éther

(1) Dans un mémoire sur l'Aérostation militaire qui date de mars 1890, j'avais développé la plupart de ces considérations sur les perfectionnements des machines à vapeur, considérations que M. Gaudry devait plus tard exposer devant vous. Je ne suis pas surpris de cette coïncidence, la navigation aérienne et la navigation maritime à grande vitesse comportant l'une et l'autre l'allégement des moteurs actuels. Je ne puis que me féliciter d'être en communion d'idées avec notre distingué collègue.

sulfurique, mais de l'éther chlorhydrique qui donne à 20° une vapeur ayant une pression de près de 2 *kg* par centimètre carré et de 13 *kg* à 100°.

Non seulement il y a des progrès considérables à attendre de l'emploi de ces liquides pour transformer en travail mécanique à un poids très réduit les calories dégagées par le combustible, mais il y a aussi des perfectionnements à espérer de ce combustible lui-même. On prend d'ordinaire le coke parce que c'est, de tous les combustibles riches en calories, celui qui coûte le moins cher; mais de même qu'il faut abandonner l'eau comme agent de transport, il convient, quoique l'intérêt soit moins grand, de substituer au coke, dont la puissance calorifique n'atteint pas 8 000 calories, certains produits de la famille du pétrole dont la puissance calorifique dépasse 10 000. Avec eux le foyer, réduit à des brûleurs ou à une sorte de rampe, diminue et de poids et de volume ; la manutention se simplifie; la surveillance devient presque nulle; les dangers dus aux escarbilles, toujours à redouter avec l'énorme masse gazeuse qui surplombe le foyer, disparaissent.

Les combustibles gazeux sont encore plus riches que les combustibles liquides, mais on ne peut songer à les emporter dans des réservoirs qui absorberaient, et au delà, l'économie de poids qu'on se propose. Il faut, si l'on veut s'en servir, prendre le propre gaz du ballon. Mais ce mode d'alimentation du foyer offre de graves inconvénients, en raison de la diminution croissante de la force ascensionnelle et des dangers qu'il y a à relier le foyer et l'aérostat.

Les dangers peuvent être écartés par des dispositifs convenables; mais la diminution de la force ascensionnelle ne peut être évitée. Aussi Giffard, qui se proposait d'avoir recours à ce procédé dans la grande expérience qu'il projetait et que la maladie l'empêcha de réaliser, imagina-t-il d'atténuer les effets de cette déperdition en employant simultanément deux chaudières, l'une alimentée par du pétrole, et l'autre par le gaz du ballon. La perte de force ascensionnelle était ainsi compensée en partie par le délestage dû à la combustion. L'idée de Giffard, au point de vue de l'économie qui l'a fait naître, n'est pas sans analogie avec celle que Lafont et du Trembley mirent en pratique vers la même époque; dans ce dernier système, en effet, on se sert de la chaleur dégagée par la condensation pour vaporiser du chloroforme, de l'éther sulfurique ou du sulfure de carbone, et pour action-

ner avec la vapeur de ces liquides une machine de même force que la machine à vapeur d'eau. Mais tandis que Giffard n'exécuta pas son projet, les vapeurs combinées furent appliquées avec un grand succès. « Dans la traversée de Marseille à Constantinople, dit M. Gaudry, on ne faisait qu'une seule addition partielle au vaporisateur pour réparer les pertes inévitables. » Le poids du générateur et du combustible était donc réduit de moitié.

Pour diminuer le nombre des réservoirs et faciliter la tâche de l'unique mécanicien que possède généralement un ballon dirigeable, on pourra employer le même corps à la fois comme combustible et comme agent de transport, ainsi que l'ont fait MM. Escher Wyss et Cie pour leur canots légers actionnés par des machines à vapeur de naphte : ces machines, dont le bâti est en bronze d'aluminium, ne pèsent que 60 *kg* par cheval, chaudière comprise, quand on dépasse 10 *chx;* la consommation de naphte est alors de 0,500 *kg* environ ; mais il y aurait lieu, pour la navigation aérienne, de tenir compte du condenseur, qui serait d'ailleurs beaucoup plus léger que pour une machine à vapeur d'eau.

2. — Moteurs aérothermiques et à hydrocarbures.

De même qu'il y a intérêt à remplacer l'eau par un liquide qui se vaporise plus facilement, de même il semble qu'il peut être avantageux de remplacer celui-ci par un liquide tout vaporisé, par un gaz. Et comme il serait trop lourd d'emporter des gaz comprimés, nous sommes conduits soit à prendre l'air ambiant, tel qu'il est, pour tranformer la chaleur de la combustion en travail mécanique, soit à donner à cet air des propriétés explosives pour recueillir sous forme de travail la force vive qui résulte de la déflagration. Nous avons ainsi deux types de machines, les moteurs aérothermiques et les moteurs à explosion ou à hydrocarbures. Ces moteurs ont l'un un réchauffeur peu encombrant, l'autre un simple brûleur; l'inconvénient des lourdes chaudières est donc supprimé du même coup.

Moteurs aérothermiques. — Dans les moteurs aérothermiques, c'est l'air lui-même qui sert d'agent entre le foyer et le piston. Depuis longtemps on a pensé à ce genre de machines, en dehors de toute idée d'application à la direction des ballons ; mais on s'aperçut qu'il leur fallait des dimensions colossales. Dans sa *Théorie mécanique de la chaleur*, Zeuner en indique clairement et la cause et le remède : « Pour que les machines à air d'une grande force n'exi-

gent pas des dimensions énormes, écrit-il, il n'y a qu'un moyen : il faut donner à la pression initiale la plus grande valeur possible. Je conclus de là qu'aucune machine à feu qui commence son cycle avec de l'air à la pression atmosphérique, *n'a d'avenir*, et que de telles machines ne remplaceront jamais la machine à vapeur lorsqu'il s'agira de développer de grandes forces. Les personnes qui s'occupent du perfectionnement des machines à feu doivent donc uniquement s'attacher aux machines fermées, dans lesquelles agit toujours la même quantité d'air qu'il faudra comprimer avant de mettre la machine en marche. » Tels sont les conseils de ce grand maître de la Thermodynamique. Non seulement la compression préalable aura pour avantage de réduire le volume et par suite le poids du réchauffeur, mais encore elle rendra plus rapide la transmission de la chaleur dans la masse d'air, surtout si l'on force celle-ci à venir lécher les parois du foyer, auxquelles on évitera par cela même l'échauffement qui les détériore si vite. Il y aura intérêt à employer des combustibles liquides qui ont un grand pouvoir calorifique et n'encrassent pas les appareils.

Ainsi compris, le moteur aérothermique se compose donc essentiellement d'une pompe à air mue par la machine elle-même, d'un réservoir à air comprimé, d'un réchauffeur et d'un cylindre moteur, le tout complété par le dispositif de mise en marche.

Une des premières machines de ce genre est la machine Belou. En 1862, M. Mazeline, du Havre, en construisit une de 120 *chx* qui fut l'objet d'un rapport favorable de MM. Tresca et Alcan : la chaudière, qui consommait 1,46 *kg* de charbon, échauffait de l'air comprimé adiabatiquement à 1,94 *kg*. Parmi les défauts de cette machine, je retiens la faiblesse de la pression initiale, qui ne permit pas de réduire les dimensions à des proportions convenables ; l'emploi du charbon, qui produisait une épaisse fumée, encrassant le tiroir et le cylindre ; la perte dans l'atmosphère d'air à 257°, contenant encore une quantité notable d'énergie ; enfin et surtout l'emploi de la compression adiabatique.

Nous avons été conduits, en effet, à nous occuper des machines à air parce que, dans les machines à vapeur, une trop grande partie de l'énergie qui résulte de la combustion est employée à l'échauffement du liquide avant sa transformation en vapeur. Or, n'est-ce pas un peu cela que nous faisons avec la compression adiabatique, dans laquelle une partie du travail destiné à la compression sert à l'échauffement de la masse d'air ? Cette considération n'avait pas échappé à Zeuner, et lui paraissait un des vices

rédhibitoires de ces nouveaux moteurs. Mais plus tard Colladon, en découvrant le moyen d'obtenir la compression isothermique des fluides, permit de résoudre la difficulté ; ce moyen consiste simplement à injecter dans le compresseur de l'eau en pluie fine ; la quantité d'eau à injecter est calculée avec un léger excès.

La Thermodynamique montre que les moteurs construits dans ces conditions sont susceptibles de fournir du travail mécanique avec un rendement bien supérieur à celui des machines à vapeur. Il y a dix-huit mois, M. J. Paraire (1), a publié en vue de la navigation aérienne un projet qui comporte trois cylindres, pour faciliter le passage aux points morts. D'après l'auteur, la consommation serait de 0,250 *kg* d'huile de pétrole ou de goudron par cheval-heure, et le poids du cheval-heure de 5 à 6 *kg* seulement ; je dois ajouter que la machine n'a pas été construite et que, par suite, on n'a pu vérifier ces prévisions très optimistes. Plus récemment. M. Vermand (2), Ingénieur des constructions navales, a étudié un projet également en vue de la navigation aérienne ; l'auteur indique aussi une consommation de 0,250 *kg* de pétrole, mais il ne donne pas le poids du cheval-heure.

Parmi les moteurs construits d'après les principes qui précèdent, je citerai celui d'un Ingénieur des mines, M. Genty, qui l'a exposé l'an dernier. Ce moteur, décrit en détail par le *Génie civil* (août 1892), est caractérisé par un récupérateur de la chaleur encore contenue dans l'air expulsé, et par son foyer qui se trouve dans le corps même du piston ; la dépense du combustible, mélange de coke de four et de coke de pétrole provenant des résidus de raffineries, a été de 1,7 *kg* par cheval-heure, mais semble pouvoir être abaissée à 1 *kg*. Telle qu'elle est, du reste, cette machine, destinée à l'éclairage électrique des phares du cap d'Antifer, ne se prête ni par son poids, ni par son agencement, aux exigences de la navigation aérienne.

Moteurs à hydrocarbures. — Disons maintenant quelques mots des moteurs à hydrocarbures, répandus par milliers à l'étranger, mais peu employés en France, à cause du prix élevé du pétrole. Ici les hydrocarbures ne sont plus destinés à remplacer l'eau dans la chaudière, mais à se mêler intimement à l'air, à le *carburer*, de façon à lui donner des propriétés explosives.

(1) *L'Aéronaute*, mai 1891.
(2) *L'Aéronaute*, octobre 1892.

Les moteurs à hydrocarbures ont sur les moteurs à gaz l'avantage, précieux dans le cas actuel, de transporter leur combustible sous une forme beaucoup plus compacte ; c'est ce qui a permis de les appliquer aux bateaux, aux locomobiles, etc... De plus, comme les moteurs aérothermiques, ils sont d'une utilisation vraiment remarquable. Enfin leur vitesse moyenne est précisément celle qu'on tend à donner aux hélices aériennes, soit 200 tours environ par minute ; on peut donc supprimer entre le moteur et l'hélice les engrenages qui absorbent une notable quantité de la puissance quand la vitesse du moteur est trop considérable.

La carburation à l'aide des pétroles, mélange d'hydrocarbures de la série C^nH^{2n+2}, nécessite des dispositifs spéciaux. Si l'on se contentait en effet de faire passer plus ou moins longtemps l'air sur le pétrole, celui-ci deviendrait rapidement impropre à la carburation, par suite de la disparition rapide des hydrocarbures les plus volatils, et le moteur s'arrêterait après une marche irrégulière de quelques instants. Généralement on pulvérise le pétrole goutte à goutte et l'on volatilise cette poussière suivant les besoins du moteur, de façon à éviter l'irrégularité de marche et les encrassements dus à une mauvaise combustion. Parfois aussi on injecte dans l'air le pétrole en pluie fine. La dépense n'atteint pas 1 volume de pétrole pour 10 000 volumes d'air, soit 1/2 litre par cheval-heure, même avec les moteurs de faible puissance.

Malgré ces qualités, les moteurs à hydrocarbures offrent de grands inconvénients comme sources de force d'un ballon dirigeable : ils ont une marche peu régulière, ils exigent une grande quantité d'eau pour rafraîchir les cylindres et nécessitent des assises robustes : les moins lourds pèsent encore 150 *kg* par cheval ; toutefois, MM. Escher, Wyss et Cie ont réduit ce poids à 100 *kg* en faisant la carcasse et le bâti en bronze d'aluminium.

On peut obtenir la régularité par l'étude du pulvérisateur et par l'emploi de quatre cylindres disposés de telle sorte qu'au moment où l'explosion se produit dans l'un d'eux, les trois qui restent soient chacun à une des autres phases du cycle (expulsion des gaz qui résultent de la déflagration, aspiration de l'air dans les corps de pompe, compression avant l'explosion). MM. Forest et Gallice construisent ainsi d'excellentes machines qui, de plus, peuvent facilement changer le sens de leur marche. D'autre part, on conçoit qu'en réglant la déflagration et les diverses phases du cycle, on puisse arriver à diminuer les chocs, et à construire des moteurs donnant la force à un poids avantageux.

C'est, paraît-il, le résultat auquel serait arrivé le commandant Renard avec son nouveau moteur à gazoline, qui donne 45 à 50 *chx* sur l'arbre et pèse au plus 1 400 *kg*, y compris l'approvisionnement pour dix heures de marche ; ce moteur, qui conduira *le Général Meusnier*, pèsera donc environ 30 *kg* par cheval, poids une fois et demie moindre que celui du moteur de *la France*, qui, cependant, n'emportait qu'une heure et demie d'approvisionnement.

Les gazolines ont sur les pétroles l'avantage de rendre la carburation extrêmement simple. Ce sont en effet des pétroles rectifiés, homogènes, très volatils, dont la tension de vapeur est toujours supérieure à celle de l'eau et dont la densité varie de 0,650 à 0,700 : il suffit d'aspirer au travers de feutres imbibés de gazoline une fraction du volume d'air qui doit agir sur le piston, et d'introduire au cylindre le complément d'air nécessaire pour assurer la combustion vive du mélange carburé.

Moteurs aérothermiques et à hydrocarbures n'ont pas dit leur dernier mot ; ils recevront, sans aucun doute, des perfectionnements importants. Un de ceux dont on attend les plus grands avantages consiste dans l'emploi d'un régénérateur, c'est-à-dire, suivant l'expression de M. Haton de la Goupillière (1), d'un appareil « qui emmagasine momentanément, pour les restituer ultérieurement, aux instants et dans la proportion convenables, les calories dont il est chargé de dépouiller le gaz, alors que le réfrigérant les engouffre définitivement et en pure perte durant la phase de compression isotherme ». Je dois ajouter que des savants comme Zeuner et Hirn mettent en doute l'utilité du régénérateur et que les tentatives faites jusqu'à présent, notamment celles de W. Siemens et de Hirsch, ne sont pas concluantes ; il est vrai que la construction du régénérateur offre des difficultés considérables, particulièrement en ce qui concerne le choix de la matière. Aussi conserve-t-il, malgré ses insuccès, de nombreux partisans : « Non seulement le régénérateur, disait récemment notre éminent collègue M. Gustave Richard (2), est un moyen d'augmenter le rendement des moteurs à gaz, mais il constitue en outre le seul moyen, peut-être pratique un jour, d'augmenter notablement ce rendement. »

(1) Cours de Machines, d'Haton de la Goupillière.

(2) Les moteurs à pétrole depuis 1889, conférence de M. G. Richard à la Société d'Encouragement (24 juin 1892).

Résumé. — Dans cette revue des moteurs, j'ai moins eu l'intention d'examiner successivement tous ceux qui peuvent intéresser la direction des ballons que de montrer quelles réductions on peut faire sur le poids des appareils actuels. Le moteur électrique semble condamné pour les voyages dépassant une demi-journée : les générateurs à vapeur doivent changer et leur combustible et leur foyer et le liquide à vaporiser; les machines aérothermiques, les moteurs à hydrocarbures se mettent sur les rangs, et ces derniers, si l'on en croit les échos de Meudon, auraient en ce moment l'avance. Mais que de progrès il reste à faire pour obtenir le moteur rêvé qui permettra de supprimer le ballon et de parcourir les airs avec des vitesses très supérieures à celles des oiseaux !

Avant d'en finir avec cette question, je dois faire remarquer que les dynamos, désavantageuses comme poids, ont cependant sur les autres moteurs l'avantage de ne pas délester constamment le ballon. Peut-être y a-t-il moyen avec les machines à explosion de réaliser la stabilité verticale automatique en mêlant à l'air hydrocarburé un poids d'hydrogène égal au poids de l'hydrocarbure consommé, au lieu de laisser le gaz du ballon se perdre dans l'atmosphère. On utiliserait ainsi son grand pouvoir calorifique, on réduirait l'approvisionnement en hydrocarbure, enfin on diminuerait la résistance à l'avancement en obtenant l'équilibre dans une zone horizontale. Je souhaiterais que le nouveau moteur de Chalais-Meudon nous réservât la surprise d'un ingénieux dispositif qui permît la réalisation de tous ces perfectionnements.

Messieurs, j'ai terminé. Pour examiner dans le cours d'une séance une question d'un aussi grand développement, j'ai dû éliminer de parti pris tout ce qui ne s'y rapporte pas très directement; en particulier je n'ai pas voulu vous entretenir d'un sujet qui passionne beaucoup de chercheurs : la navigation aérienne par les appareils plus lourds que l'air.

En ce qui concerne les ballons, j'espère vous avoir démontré non seulement la possibilité de les diriger, mais encore la grande probabilité de pouvoir les employer bientôt dans de remarquables conditions de vitesse et de durée. Tout fait supposer, en effet, que notre siècle, dont une des plus grandes gloires est d'avoir réalisé la locomotion rapide sur la terre et sur l'eau, verra,

. ant de disparaître, la locomotion aérienne atteindre les vitesses
.. ses deux années. Assurément le ballon dirigeable ne fera ja-
.. les vertigineux parcours que nous annoncent certains avia-
.. se disant en mesure « de transporter en 5 ou 6 heures
.. hommes de Paris à Berlin » ! Mais combien d'années s'é-
.. dera-t-il avant qu'un appareil volant réussisse à quitter le sol ?
.. longtemps les ballons dirigeables sillonneront l'espace.

Soyons donc nous contenter des résultats acquis; constatons
.. un légitime orgueil qu'ils ont été poursuivis et obtenus
.. le pays même des Montgolfier, et consolons-nous de ne
.. pour être témoins des tours de force dont je viens de vous
.. en pensant que Robida lui-même, dont cependant l'imagi-
.. ne connaît pas d'obstacles, ne nous les a prédits que pour
.. le prochain.

NOTES

DE

NOS CORRESPONDANTS DE PROVINCE ET DE L'ÉTRANGER

CONSTRUCTION D'UN PORT DE MER

A TANDJONG-PRIOK (JAVA)

PAR

M. J. de KONING

D'après la communication de M. de Meijier dans les Mémoires de l'Institut royal des Ingénieurs néerlandais (livraison du 20 janvier 1893) (1).

Depuis l'établissement des Hollandais dans l'île de Java, la ville de Batavia a été d'abord le centre des opérations commerciales et ensuite le siège du Gouvernement. Elle se trouve dans le fond d'un golfe ayant la forme d'un arc dont la corde a 39 *km* de longueur avec une flèche de 13 *km*. Dans la partie ouest du golfe se trouvent des récifs de corail; dans la partie est se jettent les eaux limoneuses du Tjitaroem. D'autres rivières, d'importance différente, augmentent annuellement la couche de vase qui forme le fond du golfe.

La rade de Batavia offrant une sécurité suffisante aux navires, le port de cette ville a répondu à peu près à tous les besoins jusqu'au développement de la navigation, datant d'environ 1860. Avant cette année, on s'est contenté d'allonger les jetées en exé-

(1) Les planches qui sont citées dans ce résumé se trouvent dans la bibliothèque de la Société des Ingénieurs Civils de France, *Mémoires de l'Institut royal des Ingénieurs néerlandais*, fascicule du 20 janvier 1893.

tant quelques travaux de dragage, rendant de la sorte le port accessible aux batiments débarrassés auparavant de la plus grande partie de leur fret (*Pl. 2*).

L'augmentation du tonnage des navires rendait la situation de plus en plus insuffisante. Etant donnée l'impossibilité de mettre le port de Batavia dans un état convenable et répondant aux besoins du commerce, on s'est décidé après divers tâtonnements à construire un nouveau port à Tandjong-Priok (2), à 9 *km* à l'est de Batavia. C'est M. l'Ingénieur en chef du Waterstaat Waldorp qui a arrêté le projet. L'exécution a eu lieu entièrement aux frais de l'Etat.

Le projet Waldorp (*Pl. 4*) comprend en premier lieu un avant-port, large à sa base de 1 172 *m* et long, dans la direction de l'axe, de 1 740 *m*. Les deux jetées, servant uniquement de brise-lames, ont une longueur de 1 765 et 1 963 *m*. Elles font un angle de 82° avec la base, la largeur du port à l'entrée étant de 125 *m*. D'après le projet, derrière l'avant-port seraient les deux bassins intérieurs, ayant un d'une longueur de 1 093 *m* avec une largeur de 175 *m* au fond. D'un côté, ces bassins seraient pourvus de murs de quai. Le premier bassin serait creusé immédiatement ; le second, lorsque le développement du trafic y donnerait lieu. L'emplacement des cales de radoub et du port des charbons serait à l'est du port intérieur.

Le chenal dans l'avant-port, large de 250 *m*, serait creusé jusqu'à 8 *m* au-dessous de l'étiage, les ports intérieurs auraient une profondeur de 7,5 *m*. Des canaux entourant le port intérieur donneraient de l'eau fraiche.

Le port serait relié à la ville de Batavia par un chemin de fer à double voie, un canal avec voie de halage et une grande route.

Le projet a été approuvé par le ministre des Colonies le 20 janvier 1876. Les devis se montaient à 20 millions de florins (environ 42 millions de francs).

La mise en adjudication publique a été préparée dans un cahier des charges, publié en français et en anglais. Il ne se présentait que trois compétiteurs : M. Louis Dussaud, de Marseille ; MM. Lee, Londres et Van Hattum (Hollandais), et enfin un courtier de Londres. Le premier soumissionna bien au-dessus des devis préparés ; les seconds ne soumissionnèrent que conditionnellement, de sorte que tous les risques de l'entreprise seraient restés pour le compte de l'Etat, tandis que le troisième ne fut pas jugé sérieux.

2 Tandjong, mot malais signifiant cap

Alors, considérant l'adjudication comme manquée, le gouvernement résolut de prendre les travaux en régie. Il confia à M. l'Ingénieur de Gelder la direction générale.

Tandis que l'exécution des travaux était préparée dans les Indes par l'achat de terrains, la construction de logements et de voies de communication, M. de Gelder s'occupait en Europe des contrats pour la livraison du matériel et du recrutement du personnel nécessaire. Le matériel de dragage consistait en trois grandes dragues et six qui étaient plus petites ; pour le transport, autant des matières draguées que de moellons et autres matériaux, on achetait douze bateaux de transport (hopperbarges). La valeur totale de ce matériel était de 3 millions de florins. Après concurrence entre des constructeurs anglais, français et hollandais, la fourniture a été accordée à MM. Thomas Wingate et C^ie^, à Glasgow ; MM. Christie, Nolet et de Kuyper, à Rotterdam ; MM. de Jongh et C^ie^, à Oudewater (Pays-Bas) ; MM. W. Simons et C^ie^, à Renfrew, et MM. C. Mitchell et C^ie^, à Newcastle.

Le personnel recruté a été embarqué avec une grande quantité de matériel le 17 mars 1877.

Les travaux à Java furent divisés en trois sections : le port proprement dit, le canal et le chemin de fer entre Priok et Batavia, et les travaux d'extraction des moellons à Merak (sur la côte est de l'île de Java).

La construction du port a été commencée au mois de mai 1877.

Les trois grandes dragues *(Pl. 5)* avaient une longueur de 48,76 *m*, une largeur de 9,14 *m*, un tirant d'eau de 1,52 *m* en avant et 2,29 *m* en arrière. Elles élevaient environ 5 m^3 par minute d'une profondeur de 8,5 *m*. Elles marchaient à une vitesse de 6,5 milles par heure. La puissance de chaque machine était de 75 *chx* nominaux. La matière à draguer était en partie du sable et du limon, en partie des récifs de corail qui, avant d'être dragués, furent brisés avec de la dynamite.

La première drague a travaillé depuis le mois de septembre 1879 jusqu'à novembre 1882 et a élevé 1 203 995 m^3 en 898 jours. Elle a consommé 1 912 *kg* de charbon par 1 000 m^3 de matières draguées.

La seconde a travaillé pendant le même laps de temps. Elle a élevé 999 678 m^3 en 915 jours, avec une consommation de 1 876 *kg* de charbon par 1 000 m^3 de matières draguées.

La troisième fonctionnait depuis le mois d'avril 1881 jusqu'à janvier 1883 ; elle élevait 637 655 m^3 en 489 jours avec une con-

- rmation de 932 *kg* de charbon par 1 000 m^3 ; elle n'a travaillé - dans les matières peu résistantes.

Les quatre dragues de moindres dimensions ont élevé 1 441 749 m^3. En outre, deux petites dragues ont été en service, élevant 100 m^3 - jour ; elles étaient occupées presque exclusivement aux travaux du canal de navigation.

Les bateaux de transport (*Pl. 6* avaient 15,5 *m* de longueur, - m de largeur, avec un tirant d'eau de 1,9 *m* étant vides et - 3,5 *m* étant chargés. Ils transportaient 600 *t* de matières dra- - avec une vitesse de 8 milles à l'heure.

En plus de ces bateaux, on a encore employé une quinzaine de - aux plus petits, pouvant contenir 60 m^3, et cinq petits remor- - .

Afin de pourvoir aux besoins de réparation de toute cette flot- , on a mis en service une forme flottante de construction fort - que (*Pl. 7*) et qui a été des plus utiles.

Les moellons employés à la construction des jetées ont été tirés - carrières de Merak (*Pl. 8*) exploitées spécialement dans ce des- - dans les rochers de trachyte qui se trouvent en cet endroit. - tablissement comprenait des ateliers, des logements, deux dé- - - sur pieux vissés, deux grues à vapeur, des puits d'eau - le, des magasins à dynamite, quatorze machines à forage et - compresseurs d'air mus par une locomobile. La quantité de - dons extraits et transportés de Priok était (janvier 1878-août - de 506 225 m^3, ils ont coûté en moyenne 8 florins par mètre - y compris le transport, la dépréciation de l'installation, etc.). - tablissement de Merak a été englouti par la mer, lors de la catas- - phe de Krakatao (26 août 1883) ; on a dû regretter la mort du - sonnel entier, soit 13 Européens et 155 indigènes ; du matériel - n'a presque rien retrouvé après le désastre.

Près des chantiers du port on a construit un atelier très complet - construction et de réparation (*Pl. 9*). Il contient une forge, des - - deries, des magasins, une grande machine à vapeur avec deux - - teurs, un atelier pour l'éclairage électrique, etc. Cet établis- - - a rendu de très réels services, autant pendant la construc- - du port qu'après.

Pour la construction des jetées, il y avait à craindre des déplacements du fond qui est peu résistant. Cette considération a donné - - à la méthode suivie : on a construit à pierre perdue le - de la jetée et à côté de sa base deux digues servant à com- - - le terrain et à retenir le corps de la jetée construite après.

D'après le projet, ce corps était formé par du sable jusqu'à 5 *m* au-dessous de l'étiage et des moellons ensuite *(Pl. 12)*. Le projet primitif prévoyait une digue en blocs de béton au-dessus des étiages; cependant celle-ci n'a pas été faite.

Des quantités considérables de pierre et de sable ont été enfoncées dans le terrain très vaseux (là encore des limons atteignaient 8 et 9 *m* d'épaisseur); aussi la méthode proposée a subi des modifications, seulement l'idée fondamentale a été maintenue dans la construction entière. Bien que l'action de la mer ait occasionné des dégâts pendant l'exécution des travaux, on a réussi à achever les jetées dans l'espace de temps compris entre les mois de mars 1878 et décembre 1882.

La quantité de matériaux employée pour les jetées a été de :

253 877 m^3 de sable;
101 034 m^3 de corail;
334 819 m^3 de trachyte;
94 014 m^3 de rocher.

Elles ont coûté un peu plus de 5 millions de florins, soit 1 400 florins par mètre courant.

Les murs de quai (1 000 *m* pour le port intérieur et 300 *m* pour le port des charbons) sont construits en béton et revêtus de blocs de la même matière. Les murs reposent sur des pilotis *(Pl. 11, fig. 1)*; comme bois de construction on a employé du pitchpin américain, livré à Batavia à raison de 54,25 florins par mètre cube pour le bois scié, dont on a usé 21 377 m^3. Sous le mur de quai du port intérieur on a enfoncé 12 318 pieux de 14 et de 16 *m* de longueur. La masse de béton était composée de 1 partie de ciment Portland, 4 de sable et 5 de gravier. Les blocs de revêtement étaient composés dans la proportion de 1 : 3 : 4. Le ciment était généralement de provenance allemande. Le total des bétons et des maçonneries s'élevait à 89 064 m^3. La grande grue de 25 *t* a été posée de même sur béton.

La masse totale des matières draguées était de 4 millions 1, 2 m^3. Le dragage, y compris le transport des matières dans la mer, la dépréciation des machines et tous les autres frais, a coûté 1 909 342 florins.

Le canal reliant le nouveau port de mer aux établissements commerciaux de Batavia, et destiné uniquement à la navigation intérieure, croise quelques petits fleuves descendant des montagnes. Cette circonstance a fait naître la crainte que les limons contenus dans les eaux de rivière dans le temps des crues ne rendissent

...possible le maintien du plafond au niveau voulu. Bien que des ...rages continuels soient inévitables, les résultats obtenus ont ...reusement démenti les prévisions pessimistes.

Le chemin de fer (*Pl. 13 et 14*) est en exploitation depuis 1886. ...recettes vont en progressant régulièrement ; en 1890 elles étaient ...5,70 florins par jour-kilomètre.

La figure 4 de la planche 13 donne la section normale du canal, ...chemin de fer et du chemin de halage.

Sur les terrains de Priok on a encore élevé sept hangars et sept ...maisons, dont la construction est représentée sur la planche 15. Les premiers construits avaient deux étages, système abandonné ...s. On y a bâti, en outre, des habitations diverses pour les ...loyes et pour les indigènes, pour le service du port, du che... de fer, des postes, de la douane, etc.

L'établissement des charbons peut contenir 112 000 *t* en plein ... et en magasin (*Pl. 18*). Un débarcadère sur pieux vissés sert ... abordage des vaisseaux. Il a une longueur de 600 *m* sur 14,4 *m* ...largeur. Les vaisseaux de 25-120 *m* paient au debarcadère 15 à ...florins par jour, par augmentation en longueur de 10 *m* de ...0 florins en sus. L'administration permet le dépôt des charbons ...les terrains ouverts à raison de 0,22-0,12 florins par tonne et ...mois, dans les magasins à raison de 0,27-0,17 florins, selon la ...ation du terrain de dépot.

L'installation est complétée par

Deux phares sur les extrémités des jetees ;

Des signaux optiques ;

Des corps morts et des pieux d'amarrage (*Pl. 19*) ;

Des grues fixes et ambulantes ;

Des puits artésiens pour la distribution d'eau potable et d'eau ... les chaudières, avec reservoirs, reseau de distribution, etc., ...sant par mois une moyenne de 1 300 m^3 ;

L'installation de la lumière électrique, destinée à l'éclairage ... ateliers et de la voie, des ports, etc., avec 29 lampes à arc. ...rage coute 0,30 florins par heure et par lampe.

...n que le premier grand bateau ait été amarré dans le port ...Priok dès 1881, à l'occasion de l'arrivée du nouveau gouver... général, l'exploitation regulière ne date que de 1886. Le trafic ...augmente régulièrement. En 1890, le nombre total des bateaux ...peur arrivés dans le port était de 647, celui des navires à voile ... Le commerce de charbon y a déjà une certaine importance. ...exploitation se fait en regie pour les quais, les hangars, le

dépôt de houille ; les formes de radoub et les ateliers de réparation sont donnés en entreprise à M. Groll, le directeur des chantiers de Feyenoord (Rotterdam).

Le prix de location dans les entrepôts est, par jour et par mètre carré :

0,015 florins pour le pétrole ;

0,02 florins pour les peaux, l'indigo, le café, le sucre, le tabac, le thé et le gambier ;

0,04 florins pour les autres marchandises.

Le droit de quai par jour pour un navire de 25-120 *m* varie de 15 à 37,50 florins ; pour chaque 10 *m* d'augmentation de longueur, 2,50 florins en sus.

Le droit de pilotage varie de 2,50 à 15 florins pour les navires de 100 à 3 500 *t* ; pour chaque 1 000 *t* de plus, 5 florins en sus.

Les marchandises peuvent être emmagasinées dans les hangars pendant huit jours, sans payer de location.

On peut répartir le total du coût des travaux de la manière suivante :

A. Le port proprement dit :		
a) Les jetées avec phares et corps morts . . . . . Florins.	5 174 754	
b) Le dragage du port	4 173 323	
c) Le dragage des canaux.	234 334	
d) Murs de quai	3 183 556	
e) Aplanissement du terrain, etc. .	523 743	
f) Grue.	120 105	
g) Travaux préparatoires	41 939	
h) Expropriations	365 222	
i) Frais de voyage.	174 076	
Total pour le port. Florins.		13 991 054
B. Le canal et le chemin de fer à Batavia		4 591 742
C. Travaux accessoires (magasins, logements, etc.)		1 922 979
D. Entretien des travaux de 1877 à 1886.		1 783 948
E. Valeur du matériel au 31 décembre 1885 . . .		2 207 499
TOTAL GÉNÉRAL. . . Florins.		24 492 222

Après la mise en exploitation régulière, on a encore construit des travaux (hangars, débarcadère, etc.) pour une somme de 1 650 000 florins.

La construction du port de Priok a amélioré d'une façon remar-

ible les relations avec l'île de Java. Comme port d'exportation, son avenir ne saurait toutefois être considéré comme devant ouvrir un très grand développement. D'abord, l'étendue du pays derrière le port n'est pas très grande, les communications par terre sont encore que dans leur premier développement. En second lieu, comme port d'exportation, il ne pourra soutenir la concurrence de Singapore, port libre situé sur la route de Chine.

Il y a cependant deux éléments qui pourront être de grande influence sur le trafic du port. En premier lieu, il est bien situé comme dépôt de charbon pour les navires à destination de l'Australie. Ceux-ci, suivant la route du nord, s'approvisionnent maintenant à Colombo ou à Singapore ; ceux qui prennent la route du sud touchent Isle-de-France ou Mahé. Il se pourrait que, dorénavant, la route du milieu, passant à Priok, fut préférée.

En second lieu, les ateliers de réparation, bien exploités, pourraient être un attrait pour la navigation étrangère. Ces ateliers pourraient aisément soutenir la concurrence avec ceux de Singapore, où les chantiers sont ordinairement surchargés de besogne et les tarifs des Sociétés exploitantes sont très élevés.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

M. A. BELPAIRE [1]

M. Jules-Alfred Belpaire, administrateur des chemins de fer de l'État Belge, président de la Commission internationale du Congrès des chemins de fer, membre de la Société depuis 1861, et qui était notre correspondant en Belgique, est décédé à Bruxelles, le 27 janvier dernier, à l'âge de soixante-treize ans.

Ses obsèques, qui ont eu lieu le 31 janvier, ont été empreintes d'un caractère à la fois des plus touchants et des plus imposants. Une foule énorme s'était rendue à cette cérémonie, à laquelle assistait la moitié de la garnison de Bruxelles, car M. Belpaire était grand officier de l'ordre de Léopold et grand officier de la Légion d'honneur.

La plupart des chemins de fer belges y étaient représentés ainsi que la Compagnie du Nord français et beaucoup d'autres Sociétés, parmi lesquelles la nôtre.

M. le Ministre des chemins de fer de Belgique avait chargé M. Dubois, administrateur des chemins de fer de l'État Belge, de prononcer le discours relatant les services rendus à son pays par le défunt.

Nous ne croyons pas pouvoir mieux faire, pour retracer la vie si bien remplie de cet illustre Ingénieur, que de reproduire ici les principaux discours qui ont été prononcés et qui retracent sa carrière d'Ingénieur et ses qualités d'homme privé.

Discours de M. Dubois,

ADMINISTRATEUR DES CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT BELGE ET VICE-PRÉSIDENT DE LA COMMISSION INTERNATIONALE DU CONGRÈS DES CHEMINS DE FER

MESSIEURS,

J'accomplis un devoir douloureux et cher à la fois en apportant ici le tribut de regrets et d'hommages que l'Administration des chemins de fer de l'Etat doit à un homme éminent qui la servit pendant cinquante-deux

1) Voir procès-verbal de la séance du 3 février, page 169.

... avec honneur, science et dévouement, en qui elle trouva, aux jours ... l'un de ses guides les plus sagaces et les plus fermes, et qui ... acquérir une réputation dont l'éclat rejaillit sur elle-même.

Alfred Belpaire fut avant tout un technicien d'élite. Certains de ses ... d'Ingénieur marquent une date dans l'histoire des chemins de ... ont eu des résultats d'une portée considérable pour l'économie ... exploitation des voies ferrées et aussi pour la prospérité d'une de ... grandes institutions nationales. Mais, en faisant même abstraction ... un instant de la valeur technique de Belpaire, j'ai le droit de pro... ici que peu d'hommes ont honoré aussi grandement l'Administra... belge.

L'étendue et la variété de son savoir, sa faculté de travail, ses facultés ... tation et d'assimilation, sa spontanéité d'idées, son esprit nova... son aversion de la routine, la hardiesse et l'originalité de ses ... ingéniosité des solutions qu'il trouvait avec une singulière ai... aux problèmes d'ordre administratif ou technique, tout cela joint ... activité, une ardeur et une vivacité d'allures sur lesquelles l'âge ... point de prise, lui avait fait une place hors de pair dans le monde ... administratif.

Sa droiture, son intégrité, la fermeté de ses convictions, sa nature ... ouverte et généreuse, la dignité et l'indépendance de son carac... attiraient les sympathies et commandaient le respect, même ... avec lesquels il pouvait se trouver en désaccord d'idées, voire ... conflit d'intérêts.

... aimait la libre discussion et il la pratiquait avec un grand esprit de ... Il était respectueux des idées d'autrui autant qu'il entendait ... respecter les siennes. Inaccessible aux idées préconçues, incapable ... parti pris ou d'obstination, il savait faire de très bonne grâce les ... d'opinions que lui dictait sa raison éclairée par un franc et ... loyal.

... était bon, charitable; sans cesse préoccupé des intérêts de la grande ... des travailleurs, il fut jusqu'à la fin de sa vie le défenseur et le ... teur de toute mesure tendant à l'amélioration de leur condition ... et matérielle.

... l'ensemble de ses qualités de fonctionnaire et d'homme, Belpaire ... depuis longtemps d'être estimé comme un conseiller précieux ... ministres qui se sont succédé à la tête de notre département.

Alfred Belpaire naquit à Ostende le 25 septembre 1820. Après des ... moyennes faites à l'Athénée d'Anvers, il fut admis en 1837 à ... centrale des arts et manufactures de Paris, dont il sortit en 1840 ... diplôme d'Ingénieur mécanicien. Dès le mois de septembre de ... année, il travaillait comme volontaire à l'Administration des chemins ... fer de l'Etat. A peine en fonctions, le 3 octobre 1840, il fut victime ... accident de chemin de fer, dans lequel il eut les deux jambes ... brisées. Il se rétablit après plusieurs mois de souffrances et, le ... mai 1841, il fut nommé Sous-Ingénieur mécanicien à la suite d'un ... passé devant le conseil des ponts et chaussées.

... est dans le service de la traction et du matériel et en passant par ... positions diverses de locomotion, ateliers de Malines, commission de:

réception, service technique de la Direction centrale) qu'il franchit les échelons de la hiérarchie. Depuis plus de trente ans, il en était devenu le chef, avec le grade d'Ingénieur en chef, directeur. Il en conserva la direction supérieure, lorsqu'il devint inspecteur général, adjoint du directeur général (fin 1871), et plus tard administrateur, membre du comité d'administration qui fut créé par l'arrêté royal du 15 novembre 1877 et qui fut chargé de la direction d'ensemble des diverses branches de l'Administration.

Belpaire avait une véritable affection pour ce service, qui était réellement sien, qu'il avait marqué fortement de son empreinte et dans lequel sa perte ouvre un vide immense. On peut le dire, c'est en lui que s'est incarné depuis de longues années ce grand service, dont la bonne gestion est une nécessité capitale pour la prospérité du réseau ferré.

Belpaire fut le créateur de presque tous nos types de matériel roulant, principalement du matériel de traction. Il ne se contentait pas d'en tracer les grandes lignes, il tenait à en étudier chaque organe, et dans tous les détails se retrouve la trace de son génie inventif et de sa science profonde de la mécanique.

Il se tenait toujours à la hauteur du progrès et savait faire un discernement judicieux des inventions qui lui étaient soumises, qu'il s'agit, par exemple, de l'emploi de nouveaux matériaux ou bien de l'application au matériel roulant d'organes importants, tels que les freins continus.

Si notre Administration est souvent entrée la première ou l'une des premières dans la voie de ces applications, c'est à sa puissante impulsion qu'on le doit.

Il serait trop long d'entrer dans le détail des œuvres de Belpaire. Je me bornerai à citer :

En première ligne, l'introduction, à laquelle j'ai fait déjà allusion, des foyers à grande grille, qui ont transformé complètement les conditions économiques des chaudières à vapeur, en permettant d'y brûler des combustibles à bas prix. Cette invention ouvrit un énorme débouché à ces combustibles. Elle ne tarda pas à se répandre non seulement en Europe, mais jusqu'en Amérique, et le foyer Belpaire fut bientôt connu dans le monde entier. Il est intéressant d'ajouter que les premiers essais de Belpaire sur l'emploi du charbon cru dans les foyers des locomotives remontent au début de sa carrière d'Ingénieur ;

La voiture à vapeur Belpaire qui, introduite depuis plus de vingt ans, fut le point de départ des études poursuivies par la plupart des Administrations de chemins de fer en vue de l'exploitation économique des lignes à faible trafic :

L'étude de divers autres types de matériel appliqués à l'exploitation de nos lignes secondaires ;

L'étude de types spéciaux de machines locomotives pour le transport des voyageurs et des marchandises sur des lignes construites dans des conditions particulières de tracé et de profil, etc., etc.

Une des principales préoccupations de Belpaire fut de maintenir toujours l'industrie nationale au niveau de l'industrie étrangère, d'étendre son renom au dehors et de lui créer de nouveaux débouchés. Dans cet ordre d'idées, on doit reconnaître que, par ses conseils, sa grande expé-

...ce et l'appui gouvernemental qu'il provoqua dans une large mesure, ...dustrie des machines outils, cette partie si importante des industries ...caniques, prit un nouvel essor en Belgique, et notre Administration ...en le mettra la premiere.

Les occupations absorbantes qu'imposaient a Belpaire ses fonctions ...ncipales ne l'empêchèrent pas d'accepter un grand nombre d'autres ...ssions. Jamais le concours de son experience et de son activite ne fut ...sollicite vainement.

Pendant toute l'annee 1871, il cumula avec les fonctions de directeur ...e la traction et du materiel celles de directeur des voies et travaux, ...t le titulaire etait malade. A partir de 1872 jusqu'en 1881, il fut ...arge, soit comme inspecteur general, soit comme administrateur, de ...direction superieure de cet important service des voies et travaux.

Pendant toute sa carriere, il fit partie, comme membre et souvent ...me president, de nombreuses commissions, permanentes ou tempo...res. Ainsi, il presida la Commission consultative pour les appareils ...vapeur, la commission des procedes nouveaux et des materiaux indi...ens, le comite mixte concernant les chemins de fer a construire par ...Etat ou par les societes, le comite special pour l'etude de certaines ...estions relatives aux chemins de fer vicinaux en tant qu'elles inte...ssent l'exploitation des chemins de fer de l'Etat, les jurys des con...rs pour le recrutement du personnel technique des chemins de fer ...l'Etat, etc.

Il prit une grande part a l'organisation des expositions de Vienne, ...Paris 1878 et 1889, Bruxelles, Anvers, et aux travaux des jurys de ces ...positions instituees a l'occasion de ces expositions.

Il fut delegue au Congres d'electricite tenu a Paris en 1881.

Il fut membre, avec MM. Fassiaux et Van der Sweep, de la commis...n mixte instituee, en 1889, par les gouvernements belge et francais. ...se montra toujours fier, a juste titre, du service qu'il avait ete a ...me, dans cette circonstance, de rendre a son pays.

Belpaire est un des createurs de l'oeuvre du Congres des chemins de ...r. Il fut membre de la Commission organisatrice nommee en 1884 et ...evint l'un des vice-presidents de la Commission internationale per...anente des la creation de celle-ci. Il assista aux sessions de Bruxelles, ...Milan et Paris; il exerça a Milan une presidence de section.

Apres la mort du regrette M. Fassiaux, en 1891, le choix unanime de ...s collegues l'appela a la presidence de la Commission internationale, ...presida en cette qualite la quatrieme session, qui s'est tenue avec un ...plein succes a Saint-Petersbourg aux mois d'aout et de septem...re 1892. Me trouvant recemment a l'etranger, j'eus la satisfaction ...cordiale des personnes qui avaient joue un role marquant au Congres ...louer du zele, de la dignite et du tact dont il avait fait preuve pen...ant toute la session.

Les services qu'il avait rendus dans l'organisation de cette session et ...a qualite de premier delegue du gouvernement belge lui valurent, de ...part de S. M. l'empereur de Russie, une tres haute distinction qui ...vint s'ajouter a celles qu'il avait deja obtenues dans sa patrie, en France, ...Espagne, en Russie et dans les Pays-Bas.

Ce ne fut pas sans de vives appréhensions que la famille et les amis de Belpaire le virent entreprendre ce voyage en Russie, dans des circonstances défavorables et quelques mois à peine après que sa santé avait subi un fort ébranlement.

J'eus un entretien avec lui à ce sujet et je l'entends encore me dire : « Je ferai ce voyage, quelles que doivent en être les conséquences. Mon devoir m'y oblige. »

Le devoir ! Je m'arrête sur ces mots, messieurs ; il caractérise vraiment celui de qui nous allons nous séparer.

Comme chrétien, comme chef de famille, comme citoyen, comme serviteur de l'État, Belpaire fut, durant toute sa vie, l'homme du devoir.

Ainsi a-t-il mérité que sa mémoire soit à jamais vénérée parmi nous.

Mon cher collègue, au nom du comité d'administration, au nom de l'Administration tout entière, je te salue pour la dernière fois.

Adieu ! que ton âme repose dans la paix éternelle !

Discours de M. Jacobs,

PRÉSIDENT DU GROUPE RÉGIONAL BELGE DE L'ÉCOLE CENTRALE DE PARIS

Messieurs,

Alfred Belpaire était Ingénieur de l'École centrale de Paris ; je viens, au nom de ses anciens camarades, lui adresser un dernier adieu.

Les écoles techniques d'Ingénieurs n'étaient pas encore organisées en Belgique lorsque l'enseignement de l'École centrale attira Belpaire à Paris ; il s'y montra travailleur assidu, dessinateur remarquable. Après de fortes études, il conquit brillamment, en 1840, le diplôme d'Ingénieur mécanicien.

Sa carrière vous a été retracée ; elle est simple et grande ; deux mots, deux dates la disent en entier : il entre à l'Administration des chemins de fer de l'Etat en 1841 ; il meurt à son service en 1894.

Cette carrière de plus de cinquante ans, le travail de toute une vie, les inventions auxquelles son nom reste attaché, tout cela est consacré à la chose publique, à cette Administration qui est pour lui une famille.

Arrivé à l'apogée d'une carrière si bien remplie, au premier rang dans son pays, Belpaire a vu reconnaître par un suffrage plus étendu la valeur de ses talents, l'estime de sa personne. Les délégués des chemins de fer de tous les pays l'appelèrent à la présidence de la Commission internationale du Congrès des chemins de fer.

Les services rendus au pays par Belpaire lui avaient valu le grade de grand officier de l'ordre de Léopold : il était aussi grand officier de la Légion d'honneur, grand-cordon de Saint-Stanislas de Russie et décoré de beaucoup d'autres ordres ; ces hautes distinctions témoignent combien ses mérites étaient appréciés par les gouvernements étrangers.

Dans les hautes fonctions qui l'absorbaient, Belpaire savait toujours réserver à ses camarades d'école un cordial et sympathique accueil. Il avait conservé à l'enseignement de l'École centrale un souvenir reconnaissant ; il était fier de son diplôme. L'École centrale est fière de l'avoir compté dans ses rangs.

Assidu à nos réunions annuelles, il avait, surtout pour les jeunes camarades, un mot d'encouragement, de bon conseil. Toujours prêt à les aider au début de leur carrière. jamais son concours ne leur a manqué.

Mais, plus que cela, pour nous guider dans la bonne voie, son exemple était là, modèle d'une vie toute d'honneur et de travail.

Cet exemple, mon cher camarade, il nous sera toujours présent; il restera lié au souvenir que nous vous garderons dans cet au-delà de la vie où vous trouvez la récompense de votre foi et de vos convictions.

Adieu, Belpaire, adieu !

Discours

DE M. DE DAX, SECRÉTAIRE GÉNÉRAL DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE.

MESSIEURS,

Au nom de la Société des Ingénieurs civils de France, je suis venu apporter à celui qui n'est plus un dernier témoignage de nos regrets et de notre respectueux souvenir.

Belpaire, sorti de l'École centrale de Paris en 1840, fut l'un des Ingénieurs les plus brillants de cette promotion, dans laquelle on retrouve les noms des Gosschler, des Love, des Trélat, des Yvon Villarceau et de bien d'autres encore.

Dévoué à la science et au génie civil, auquel il consacra toute sa vie, Belpaire s'était fait recevoir membre de notre Société et, dès 1861, nous avions l'honneur de le compter parmi nous. Depuis cette époque, il n'avait jamais cessé de nous tenir au courant de ses nombreux et incessants travaux et de leurs résultats féconds.

Nous tous, ses collègues français, qui avions le bonheur de le connaître et qui applaudissions à ses succès, nous étions toujours sûrs de trouver auprès de lui le plus bienveillant accueil et le dévouement le plus absolu.

Aussi est-ce avec un sentiment de profonde tristesse qu'au nom de la Société des Ingenieurs civils de France, j'adresse ici un suprême adieu à notre regretté collègue, à l'éminent Ingénieur, qui fut aussi un grand cœur et un homme de bien.

D'autres discours ont été prononcés par :

M. Blancquaert, Ingénieur en chef, directeur de la traction et du matériel du chemin de fer de l'État Belge;

M. Auguste de Laveleye, secrétaire géneral de la Commission internationale du Congrès des chemins de fer;

Et M. A. Clermont, vice-président de l'Association pour le repos du dimanche en Belgique.

CHRONIQUE

N° 158

Sommaire. — Vibrations des ponts métalliques. — Chute du pont de Mönchenstein. — Un nouveau pont sur le Mississipi. — La rupture de l'arbre de l'*Umbria*. — Le plus grand navire à voiles du monde. — Fabrication de la glace. — Enveloppes calorifuges pour conduites de vapeur.

Vibrations des ponts métalliques. — Le *Bulletin de la Société vaudoise des Ingénieurs et des Architectes* contient une note de M. A. Vautier sur les vibrations des ponts métalliques qui nous paraît d'autant plus intéressante à reproduire qu'on trouvera plus loin dans les comptes rendus une note sur la même question, publiée dans les *Annales des Ponts et Chaussées*.

Dans un travail récent, M. J. Gaudard mentionnait le fait que les constructeurs ne s'occupent guère que de la statique et négligent généralement les phénomènes dynamiques qui se produisent dans certains ouvrages. C'est aussi l'opinion de M. le professeur F. Steiner, de Prague, lequel a présenté à la Société des Ingénieurs et Architectes d'Autriche (1) un rapport très remarqué sur les vibrations des ponts métalliques, sur l'influence de la température, sur la résistance des métaux et sur les qualités comparatives des fers employés dans les constructions.

Nous nous bornerons ici à la question des vibrations.

On sait que lorsqu'un corps élastique est soumis à un choc ou à une impulsion, il se met à vibrer. S'il s'agit d'une longue tige de fer, par exemple, on pourra constater que ce mouvement vibratoire se transmet avec une vitesse égale à celle du son, soit environ 5 000 *m* par seconde, et que la tige présente des points où le déplacement moléculaire est nul, des nœuds, tandis qu'en d'autres points la vibration est considérable.

On sait aussi que ces vibrations peuvent amener la rupture, ce que l'on prouve parfois par l'expérience suivante. Un verre à pied en cristal mince donne, quand on le frappe, une note basse ; si, pendant qu'il vibre encore, un chanteur émet avec force la même note près l'ouverture du verre, il pourra en amener la rupture en augmentant ainsi les vibrations sonores.

Le nombre des vibrations qui peuvent se produire en un temps donné et leur intensité dépendent de la nature du solide, de ses dimensions et de son état de tension.

Si le choc ou impulsion qui a produit la première vibration vient à se répéter en concordance exacte avec les vibrations du solide, les ondes vibratoires s'ajouteront. Il en sera de même si le nombre des impulsions

(1) *Zeitschrift des osterreichischen Ingenieur und Architekten Vereins*, n^os^ 8 et 10, 1892. Un extrait étendu de ce Rapport a paru dans la *Schweizerische Bauzeitung* en avril de la même année.

par seconde est exactement la moitié ou le quart du nombre de vibrations du solide. Si ce nombre est double, la vibration cesse, car une impulsion détruit l'effet de la précédente.

Lorsqu'il s'agit d'un pont, les impulsions auxquelles il est exposé sont : les pas répétés des piétons et des chevaux, le roulement des voitures sur une aire raboteuse ou celui des trains sur une voie présentant des joints. Les contrepoids des roues motrices des locomotives peuvent aussi donner lieu à des impulsions périodiques.

On connaît depuis longtemps l'effet produit par une troupe en marche sur un pont suspendu et l'on a remarqué que les piétons ont un tendance instinctive à régler leur pas sur les oscillations du tablier, ce qui augmente leurs amplitudes.

Lors de l'essai du pont suspendu de 150 *m* de portée, Kaiser Franz Joseph, qui eut lieu en 1883, on fit plusieurs expériences en faisant circuler des chars lourdement chargés et des troupes et en mesurant soigneusement les inflexions des câbles et des piliers. Les tensions en divers points étaient constatées par l'indicateur de tensions de Frankel, de manière à pouvoir déterminer le véritable coefficient de travail dans les parties principales de l'ouvrage.

En observant le point de la chaine situé à 30 *m* du pilier de droite, on constata que la tension atteignait 300 *kg* par centimètre carré, lorsqu'un convoi de dix chars très chargés pénétra sur le pont.

Lorsqu'un régiment traversa le pont en rompant le pas, on eut un résultat semblable, mais, lorsqu'une demi-compagnie marcha rigoureusement au pas, les poutres porteuses se mirent à osciller vivement et les chaines y participèrent, tantôt déchargées, tantôt surchargées. Le coefficient de travail atteignit 450 *kg* par centimètre carré. En même temps, le point de la chaîne situé à 75 *m* du pilier n'éprouvait aucune oscillation.

Les ponts suspendus ne sont pas seuls à subir ces vibrations, on a pu le constater entre autres sur le pont du Kirchenfeld, à Berne et, déjà en 1883, le professeur Robinson avait énoncé, dans un rapport à la Compagnie du chemin de fer de l'Ohio, que pour chaque pont il y a une vitesse dangereuse au point de vue des vibrations et il en donnait des preuves à l'appui.

Le professeur Steiner a établi pour divers ponts métalliques le nombre des vibrations par seconde qui leur est propre. Voici le résultat de ces calculs :

Portées	10	20	40	60	80	100 *m*
Ponts chargés. . . .	6,1	4,3	3,1	2,5	2,2	1,9 *m*
Ponts non chargés. .	15,3	8,9	5,4	3,9	3,1	2,6 *m*

On voit ainsi que ce nombre de vibrations par seconde est d'autant moindre que la portée est plus grande et qu'il est plus considérable pour les ponts non chargés.

Il a aussi déterminé le nombre des impulsions qui proviennent d'un train en mouvement, savoir celles qui sont dues au défaut d'équilibre des contrepoids des roues de locomotives et celles qui résultent des défauts de continuité des rails. Les premières dépendent de la vitesse et

du diamètre des roues motrices; leur nombre par seconde est donné par le tableau suivant :

Vitesse du train en kilom. à l'heure.	Diamètre des roues motrices		
—	1,2 *m*	1,5 *m*	1,8 *m*
20	1,5 secondes	1,2 secondes	1,0 secondes
40	3,0 —	2,4 —	2,0 —
60	4,4 —	3,5 —	3,0 —
80	5,9 —	4,7 —	3,9 —

Les impulsions dues aux irrégularités de la voie dépendent de la distance des essieux de la locomotive. Leur nombre par seconde est de :

Vitesse du train en kilom. à l'heure.	Distance des essieux		
—	1,2 *m*	1,5 *m*	1,8 *m*
20	4,6 secondes	3,7 secondes	3,1 secondes
40	9,3 —	7,4 —	6,2 —
60	13,9 —	11,1 —	9,3 —
80	18,6 —	14,8 —	12,3 —

Si l'on n'a égard qu'au premier genre d'impulsion, un pont de 40 *m* d'ouverture non chargé serait mis en vibrations par une locomotive ayant des roues de 1,2 *m* marchant à 40 *km* à l'heure, car le nombre d'impulsions par seconde 3 concorde avec le nombre de vibrations 3,1 propre audit pont.

Il n'est pas nécessaire du reste que ces deux nombres soient identiques, il suffit que l'impulsion agisse dans le même sens que la vibration déjà acquise et le point d'application de l'impulsion est indifférent, comme il en est d'une corde qui rend toujours le même ton, quel que soit le point où on la frappe.

Le contrepoids d'une roue motrice décharge le pont quand il occupe sa position supérieure, il le charge dans sa position inférieure. Lorsque les manivelles sont à 90°, l'action des deux contrepoids se combine pour provoquer une vibration dans tout le pont. Le professeur Steiner a trouvé que, dans certains cas, le ralentissement progressif d'un train au passage d un pont peut produire une vibration intense des poutres porteuses.

L'auteur de la théorie que nous venons d'esquisser a cherché à l'appliquer à la rupture du pont de Mœnchenstein. Il connaissait, d'après l'enquête, la portée et le système de construction de l'ouvrage ainsi que la vitesse approximative du train et l'écartement des essieux des locomotives. Il suppose que les rails présentaient au moins un point capable de produire un choc et émet l'hypothèse que les contrepoids des deux machines se trouvaient dans la même position. Dans ces conditions, il estime que les vibrations ont pu avoir un rôle important dans la rupture des poutres. Le savant professeur se garde bien d'affirmer que ces diverses suppositions se sont effectivement réalisées, ni que sa théorie soit arrivée à un degré de précision qui permette de conclure avec certitude, mais il y a certainement intérêt à faire ressortir que les actions

dynamiques négligées jusqu'ici peuvent, dans certains cas, présenter quelque importance.

En attendant que les progrès de la science expérimentale permette aux Ingénieurs de calculer d'avance les effets des vibrations sur le travail moléculaire du métal, on peut tirer les quelques enseignements pratiques que voici :

a. Les ponts qui présentent un poids mort important sont moins sujets à vibrer que les ponts légers ;

b. Il n'est pas utile de ralentir la marche des trains sur tous les ponts. Certains d'entre eux vibreront beaucoup plus sous un train lent que sous un train rapide ; pour d'autres, ce sera l'inverse. Cette mesure ne se justifie que pour diminuer les effets d un déraillement.

c. Il est rationnel d'adopter dans le calcul des constructions métalliques des coefficients de sécurité d'autant plus grands que les ouvrages sont plus exposés aux chocs.

Les recherches du professeur de Prague corroborent donc les us et coutumes de la construction métallique ; elles constituent un premier pas dans un domaine peu exploré et dont la découverte permettra de baser les calculs de résistance des ponts métalliques sur des données toujours plus précises.

Chute du pont de Mœnchenstein. — On sait que, pour compléter l'instruction sur la catastrophe de Mœnchenstein, le Conseil fédéral suisse avait demandé un rapport sur les causes de cette catastrophe à MM. E. Collignon, inspecteur général, professeur à l'École des Ponts et Chaussées, et A. Hausser, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Ingénieur en chef à la Compagnie des chemins de fer du Midi. Ce rapport a été imprimé, mais il n a pas été mis dans le commerce. La *Schweizerische Bauzeitung* ayant donné les conclusions principales de ce rapport, nous croyons intéressant de les lui emprunter.

« *Première conclusion sur la cause possible de la chute.* — Si on admet qu'en un point de la poutre droite voisin de la rive gauche, soit à la membrure supérieure, soit à la membrure inférieure, une solution de continuité se soit produite le 14 juin 1891, on comprendrait tout ce qui s'est passé. Car, si les tables supérieures ou inférieures se détachent. on conçoit que la poutre de droite fléchisse, qu'elle fléchisse plus que celle de gauche en entrainant cette dernière et que le pont se couche dans l'amont de la rivière en penchant à droite. Cette solution de continuité doit être recherchée moins à la membrure inférieure qu'à la membrure supérieure. A la membrure inférieure, visitée si soigneusement lors du renforcement de 1890, une solution de continuité aurait difficilement échappé aux investigations. Il est plus probable que cette solution de continuité doive être cherchée à la membrure supérieure. Elle a dû se produire, ou à la jonction des barres de treillis 3 et 4 ou en arrière de cette jonction dans la travée 1 de la membrure ou en avant dans la travée 2.

Elle expliquerait que le pont ait fléchi en s'inclinant à droite dès l'entrée de la première locomotive du train 174 du 14 juin 1891.

Il est même possible que cette solution de continuité ait eu un carac-

tère multiple et qu'elle ait existé à la fois à la membrure supérieure à la jonction des barres 3 et 4 et à la jonction des barres 5 et 6; elle expliquerait alors la fatigue si exceptionnelle qu'a dû subir le nœud de treillis des barres 4 et 5 à la membrure inférieure.

Nous sommes conduits ainsi à nous demander s'il est possible qu'une pareille solution de continuité puisse exister sans que l'on s'en aperçoive et qu'elle puisse s'aggraver par les passages de trains successifs, jusqu'à parvenir à un degré d'extension tel qu'une portion de la poutre soit mise dans l'impossibilité de concourir à la résistance générale.

Cette question peut recevoir une réponse affirmative. Si on suppose un fer à double T formé d'une âme, de semelles et de cornières, il est loisible d'y pratiquer une fente de peu de longueur sans compromettre la résistance de l'ensemble. Mais, si cette fente acquiert une longueur assez grande, alors ce n'est plus la pièce avec la hauteur totale qui entre dans le calcul du moment d'inertie, mais bien la pièce avec la hauteur réduite. Il se peut qu'au droit de la section ainsi établie la déformation provoque le dépassement de la limite d'élasticité: dès lors l'affaissement est brusque et la déchirure devient de plus en plus grave au fur et à mesure de la flexion.

Le 14 juin 1891, il se peut que l'attaque du tablier par le train ait développé un effort dynamique assez violent pour donner aux déchirures une grande importance, pour permettre un fléchissement grave et par suite tous les phénomènes subséquents.

Il faut remarquer que souvent, à l'entrée des ponts métalliques biais, il y a des coups dans la voie qui proviennent ou des tassements inégaux des traverses reposant d'un côté sur la maçonnerie et de l'autre côté sur le terrassement ou d'un tassement général du remblai. Au pont de Mœnchenstein, ces coups pouvaient être d'autant plus dommageables que le pont était plus léger. Son poids n'atteignait pas celui d'une locomotive lourde. Bien des circonstances secondaires ont pu favoriser l'extension de fissures préexistantes et cachées en raison du voisinage du bord des cornières.

Nous concluons donc ainsi :

La chute du pont de Mœnchenstein n'est imputable ni à un vice du projet ni à des défauts d'exécution, ni à la qualité du fer. En cours d'exploitation, il a été surveillé et contrôlé d'une manière satisfaisante, la vigilance du personnel de la Compagnie et celui du contrôle ne saurait être mise en doute et l'accident tient à une circonstance particulière, anormale, en dehors de toute prévision et indépendante du type de la construction et de la qualité des matériaux. Cette catastrophe reste donc un fait isolé et spécial.

Cause probable de la chute du pont de Mœnchenstein. — On voit, en résumé, qu'il suffit d'admettre une désorganisation locale à la poutre de droite, côté de la culée Bâle, pour expliquer toutes les circonstances présentées par la chute du pont de Mœnchenstein.

Le caractère de cette désorganisation ne peut être défini avec exactitude et on ne peut envisager ici que des causes probables.

Il se peut que, dans le premier et le deuxième nœud de treillis de la membrure supérieure de la poutre de droite, une fissure se soit dess-

née en 1881, lorsque le pont, perdant son appui, culée rive gauche amont, se courba en sens inverse de sa courbure normale.

La membrure supérieure présente en régime ordinaire une légère convexité vers le bout. En septembre 1881, elle prit une forme inverse et présenta, surtout à l'extrémité côté Bâle, une concavité sérieuse vers le bas.

Quand on vint redresser l'extrémité libre pour remettre le pont en place, on provoqua un second mouvement inverse, et il n'y a pas de meilleure manière de provoquer la rupture d'une pièce métallique que de la ployer successivement dans des sens opposés.

Il se peut qu'alors la nervure se soit fissurée, soit au ras des cornières des semelles, soit sous les cornières mêmes, au nœud 1 ou au nœud 2. Tout le monde sait que, dans une pièce à double T reposant sur deux appuis, on peut fendre l'âme sans que la résistance générale soit amoindrie, pourvu que la fente soit petite. Mais si la fente acquiert assez d'étendue pour rendre la membrure supérieure indépendante de la membrure inférieure, c'est-à-dire pour ne plus permettre à la membrure supérieure d'entrer dans le moment d'inertie de l'ensemble, la poutre fléchit, car elle ne peut se tenir et, en fléchissant, elle augmente la déchirure.

Une semblable solution de continuité près des culées pouvait, par sa position, passer inaperçue. Vers les extrémités, les fatigues dans les membrures sont peu importantes en régime normal. Mais chaque circonstance qui provoqua une attaque brusque du pont par les trains, telle qu'un tassement du remblai, une traverse dansante, un coup dans la voie pouvait, par réaction, agir sur la fissure et l'augmenter.

Chaque train n'intervenait pas dans cette propagation du mal. Il fallait des conditions particulières et c'est ainsi qu'on peut expliquer que le pont ait résisté pendant dix ans, sans manifester aucune déformation, alors qu'il portait une lésion dont l'extension faisait des progrès insensibles, sans manifestation extérieure.

Si les trains qui précédèrent le train 174 du 14 juin 1891 avaient amené la ou les fissures à la limite dommageable, il n'y aurait rien d'étonnant à ce que le train 174 ait trouvé la poutre de droite, côté Bâle, dans une situation telle qu'il ait suffi de sa présence dans la première ou deuxième travée pour provoquer l'affaissement définitif de la poutre de droite et tous les phénomènes subséquents.

Que si l'examen des débris ne permet pas de se rattacher à l'hypothèse des fissures de ce genre, on pourrait aussi admettre que les entretoises supérieures du côté de Bâle se sont détachées de la poutre de gauche, précisément parce que, dans les attaches de ces entretoises à gauche, les événements de 1881 avaient amené une dislocation et des déchirures.

Quand la poutre de droite, côté Bâle, perdit son appui en 1881, elle resta suspendue par les pièces de pont et les entretoises à la poutre de gauche. Grâce à la solidarité que les longerons donnent aux pièces de pont, la fatigue dans leurs attaches fut relativement moins grande, mais les entretoises supérieures, portant le poids à leur extrémité de droite, fonctionnèrent, du côté de la culée Bâle, comme des pièces encastrées à une extrémité et librement chargées à l'autre.

La section d'encastrement, qui est la plus fatiguée, fut précisément celle de l'attache à la poutre de gauche ; si des déchirures se sont produites dans l'attache en 1881, on comprendrait encore qu'elles soient restées dissimulées, mais que le passage successif des trains ait pu les étendre jusqu'au complet détachement qui se produisit le 14 juin 1891.

Enfin, en restant toujours dans le même ordre d'idées, on pourrait chercher aussi la cause probable dans des déchirures des tiges de suspension.

Conclusion générale. — En résumé, ni le projet, ni son mode d'exécution, ni le contrôle, ni la surveillance n'ont été en défaut au pont de Mœnchenstein ; quelque opinion que l'on ait sur le caractère hasardeux de ces ponts élancés et légers à treillis simples, où la rupture d'une seule pièce peut entraîner un effondrement général, on ne saurait trouver dans le type de l'ouvrage et dans sa réalisation pratique l'explication de la chute du 14 juin 1891.

C'est l'accident de 1881 qui, par les fatigues imprévues qu'il a imposées, a transformé le pont de Mœnchenstein en construction dangereuse. Le pont, dans sa poutre de droite, s'est déversé et tordu du côté de la culée de Bâle le 14 juin 1891, comme il l'avait fait en 1881.

On ne saurait donc attribuer la chute qu'à une cause accidentelle et particulière qui n'a pu être découverte malgré une incontestable vigilance. En cherchant la cause en dehors des événements de 1881, on risque de s'égarer et on ne peut conclure qu'en faisant abstraction des faits.

La réponse aux questions posées par le Conseil fédéral peut donc être ainsi formulée :

« L'application au pont de Mœnchenstein des méthodes de calcul en usage en France permet de dire que la résistance de l'ouvrage était suffisante.

» Les causes probables de l'effondrement ne tiennent ni au projet ni à son exécution : elles doivent être attribuées à des désorganisations locales demeurées invisibles et qui sont la conséquence de l'accident de 1881. »

Ce rapport est daté du 17 octobre dernier.

Comme plusieurs de nos collègues pourraient ne pas se rappeler en quoi consiste l'accident de 1881 auquel il est souvent fait allusion dans le rapport de MM. Collignon et Hausser, nous pensons utile de rappeler les principaux faits antérieurs à la catastrophe de 1891 relatifs au pont de Mœnchenstein.

Ce pont, qui traverse de biais la Birse, à 500 *m* de la station de Mœnchenstein, la première en venant de Bâle, sur la ligne Bâle-Delemont, a été construit en 1874 par la maison Eiffel, sous la direction de notre collègue Bridel, alors Ingénieur en chef du chemin de fer Jura-Berne.

En septembre 1881, un débordement de la Birse causa de grands dégâts sur la ligne du Jura et le 2 de ce mois la rupture d'une digue à 1 *km* en aval de Mœnchenstein produisit un affouillement de plus d'un mètre dans le lit de la rivière, au droit du pont.

La culée gauche, qui n'avait pas été fondée à une grande profondeur, s'inclina et se divisa en deux.

Une des poutres resta sur la culée, tandis que l'autre se trouva suspendue en l'air. Le pont se trouva ainsi supporté sur trois points seule-

ment et éprouva par suite une certaine torsion. On établit des échafaudages pour le supporter provisoirement pendant qu'on reconstruisait la culée. Les pièces furent redressées et réparées. En 1890, on procéda également à la réparation et à la consolidation de certaines parties.

Enfin, comme on sait, le pont s'effondra le 14 juin 1891, sous le passage d'un train local bondé de voyageurs allant, pour la plupart, à une fête de gymnastique à Mœnchenstein, et attelé de deux locomotives. Il y eut un grand nombre de victimes dont plus de soixante-dix morts.

Un nouveau pont sur le Mississipi.—La construction d'un nouveau pont sur le Mississipi à la Nouvelle-Orléans, travail dont on s'occupe en ce moment, comme on le verra plus loin, amènera pour cette ville une révolution dans le trafic par chemin de fer. Depuis l'immense amélioration qu'a produite, à l'embouchure du Mississipi, l'établissement des jetées, la Nouvelle-Orléans, pouvant désormais recevoir les plus grands navires, est devenue un port maritime de premier ordre, qui arrive à l'heure qu'il est à peu de distance de New-York pour l'importance de son mouvement d'exportation.

Pendant l'accroissement commercial de cette ville, les chemins de fer qui y aboutissent ont largement développé leur trafic; mais la présence du fleuve a jusqu'ici empêché l'échange rapide et économique des marchandises entre les diverses lignes.

Celles-ci sont au nombre de six, ayant chacune leur gare à voyageurs. Il y en a deux à l'ouest et deux à l'est, arrivant à la ville à peu près parallèlement au fleuve et sur chacune des rives. En outre, deux grandes lignes viennent du nord-est, l'une de Louisville, l'autre de Cincinnati. Il y a environ quatre ans, on commença à se préoccuper de l'isolement de ces chemins de fer et de l'intérêt qu'il y aurait à les raccorder par un pont jeté sur le fleuve, par un chemin de ceinture, et à établir une gare commune de voyageurs.

Notre collègue, M. E. L. Corthell, Ingénieur de grande réputation, fut chargé par la ville de la Nouvelle-Orléans, à la fin de 1888, de faire l'étude de la question au point de vue commercial et au point de vue technique, et de dresser un rapport accompagné de plans et de devis. Ce rapport fut déposé au bout de six mois.

Les Compagnies de chemins de fer, reconnaissant que le pont était l'élément capital de la solution, se réunirent pour constituer une Compagnie relative à l'exécution de ce travail, établie d'après les lois de l'État de Louisiane, et pour demander au Congrès un bill autorisant la construction d'un pont sur le Mississipi, en amont de la Nouvelle-Orléans.

Le Conseil d'administration de cette Compagnie est formé de sept membres, dont six ont été pris parmi les principaux citoyens de la ville et dont le septième est M. Corthell, qui fut tout d'abord élu président et délégué par le Conseil, pour représenter les intérêts de la Compagnie devant le Congrès et près le département de la Guerre.

La demande d'autorisation fut présentée au Congrès en février 1889. Très peu de temps après, une demande fut faite pour un pont mobile à établir sur le Mississipi en aval de la Nouvelle-Orléans et dans les

limites de la ville. Ces deux projets se faisaient naturellement concurrence, car le Congrès ne voulait autoriser que la construction d'un seul pont.

Après beaucoup de temps perdu dans ces circonstances, le premier projet, celui de la « Northern Bridge and Railway Company » a été récemment autorisé par le Congrès et approuvé par le Président des États-Unis.

Pendant ces formalités, l'Illinois Central R. R. a construit une gare centrale à voyageurs fort bien disposée, où aboutiront, dès l'achèvement du pont, quatre lignes de chemins de fer, savoir : le Southern Pacific, le Texas and Pacific, le Mississipi Valley et l'Illinois Central. Il n'est pas douteux que les deux autres lignes, le Louisville and Nashville et le New-Orleans and Northeastern, ne se relient à cette gare par une ligne de ceinture qui permettra également à deux lignes locales établies sur les bords du fleuve d'y pénétrer.

Le Mississipi, à la Nouvelle-Orléans et à l'endroit probable où le pont sera établi, a environ 800 *m* de largeur et 30 *m* de profondeur maxima aux hautes mers; le courant aux grandes eaux a une vitesse de 1,80 *m* par seconde ou 6,5 *km* à l'heure, de sorte que le débit peut être évalué à 35000 m^3 par seconde en nombre rond. Le fond est composé, jusqu'à une grande profondeur, de couches alternées de sable et d'argile, cette dernière formant la vase avec laquelle le fleuve a mis des siècles à combler ce qui était auparavant le grand estuaire du golfe du Mexique. Il n'y a guère qu'un endroit très peu étendu sur les 25 ou 30 *km* qui forment la traversée de la ville et son voisinage en amont où la nature du terrain est assez favorable pour qu'on puisse songer à y établir un pont. Partout ailleurs, sur les deux rives, le terrain est des plus dangereux.

L'emplacement choisi provisoirement se trouve à 5 *km* en amont de Carrolton, soit à 2500 *m* de Southport, où est la gare maritime du Mississipi Valley R. R.

D'après l'acte du Congrès, il ne doit y avoir que deux piles en rivière, et la travée principale doit former un passage libre d'au moins 305 *m* au niveau des basses eaux; le pont entier doit être à 25,90 *m* de hauteur minima au dessus des plus hautes eaux.

Voici, d'après ces exigences, quelles seront les dispositions essentielles de ce grand travail :

Les fondations seront probablement descendues à 45 *m* au-dessous des basses eaux, profondeur nécessaire pour atteindre une couche capable de supporter l'énorme charge des piles et de la superstructure. Cette dernière n'aura vraisemblablement pas moins de 30 *m* de hauteur, de sorte que l'élévation totale de la construction, mesurée depuis sa base, dépassera 100 *m*. Il y aura de chaque côté une rampe de 15 millièmes, pour amener les lignes actuelles au niveau supérieur du pont. La superstructure de celui-ci s'étendra sur chaque rive jusqu'à un point correspondant à une hauteur de 12 *m* au-dessus du sol; cette superstructure aura donc une longueur totale continue de 3 305 *m* et formera l'ouvrage en acier le plus long qui existe. Celui qui tient actuellement la tête est le pont de Cairo sur l'Ohio. La plus grande travée actuelle sur un pont de chemin de fer aux Etats-Unis est celle de 241 *m* du pont de Memphis.

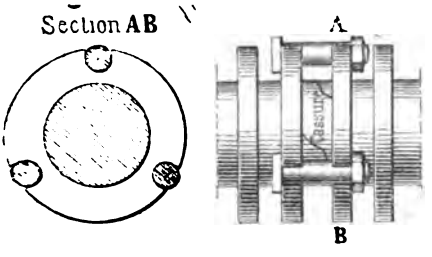
sur le Mississipi. Cette portée ne dépasse pas, d'ailleurs, celle des travées de rives du pont de la Nouvelle-Orléans, qui auront 244 *m*, tandis que la travée centrale aura probablement 335 *m*, comme on l'a déjà indiqué.

Des évaluations établies avec soin d'après les reconnaissances préliminaires et l'examen des lieux permettent d'estimer à un maximum de 15 millions de francs le coût du pont et de ses approches, avec le raccordement aux quatre lignes de chemins de fer les plus proches.

Les renseignements qui précèdent sont extraits du *Chicago Herald* du 6 février dernier.

La rupture de l'arbre de l'Umbria. — Le 23 novembre dernier, pendant une traversée d'Europe en Amérique du paquebot de la ligne Cunard *Umbria*, et à 500 milles environ de New-York, l'arbre de l'hélice se rompit. Une avarie de ce genre sur un navire de cette dimension est un fait excessivement grave, et la manière dont elle a été réparée à la mer avec les moyens du bord a grandement attiré l'attention du monde marin. Cet arbre, d'environ 0,65 *m* de diamètre, transmettait de 14 à 15 000 *ch*, et on aurait cru difficilement qu'on pût le réparer suffisamment pour le mettre à même de transmettre avec sécurité et pendant un temps un peu prolongé, une partie même faible de cet énorme travail.

La rupture avait eu lieu dans la partie de l'arbre qui porte les collets de butée, et on a habilement profité de la présence de ces collets pour faire la réparation. On voit sur la figure ci-jointe que les deux parties de l'arbre rompu entre le troisième et le quatrième collet ont été réunies par trois boulons passés dans des entailles pratiquées sur les deux collets voisins. On comprendra mieux les difficultés que cette réparation présentait, en lisant le récit fait par le mécanicien en chef de l'*Umbria*, M. Lawrence Tomlinson, dans un dîner auquel il avait été invité à l'Engineer's-Club, à New-York, récit fait en réponse à un toast et dont l'*Iron Trade Review* donne le texte.



« Après que le navire eut fait route plusieurs jours par un assez gros temps, on s'aperçut que le palier de butée avait pris, dans une de ses parties, une température anormale. On fit ce qu'on a l'habitude de faire en pareille circonstance, mais on ne put arriver à empêcher l'échauffement de continuer et on dut se résoudre à ralentir l'allure de la machine. Ce remède sembla réussir, et au bout de quelques heures, on reprit la marche normale, mais l'arbre recommença immédiatement à chauffer, et à un degré tel, qu'il fallut arrêter la machine.

» Je donnai ordre d'enlever les buttoirs correspondant à la partie qui chauffait, et dès que l'arbre fut mis à découvert, je constatai l'existence d'une formidable fracture entre deux des collets. Je réunis immédiate-

ment mes principaux assistants et leur dit : Vous voyez ce qu'il y a, je vais vous laisser pendant dix minutes pour que vous vous consultiez sur ce qu'il y aurait à faire, et quand je reviendrai, si l'un de vous a quelque chose à proposer pour remédier à l'avarie, je serai heureux de l'écouter. Au bout du temps indiqué, je revins dans le tunnel de l'arbre et interrogeai mes hommes sur le résultat de leurs réflexions. Tous secouèrent la tête et dirent qu'ils ne pensaient pas qu'on pût consolider l'arbre suffisamment pour faire route de nouveau à la vapeur. Eh bien, mes amis, répondis-je, je vais vous dire ce que nous allons faire. Et, tirant un bout de craie de ma poche, je dessinai sur la tôle de la cloison la section de l'arbre et le moyen de faire une réparation provisoire ; je suis heureux d'ajouter que bien qu'ils eussent compris immédiatement, en regardant alternativement mon croquis et l'arbre du navire, l'énorme somme de travail qu'ils allaient avoir à faire, pas un d'eux ne montra la moindre hésitation et ils se préparèrent gaiement à aborder cette besogne ardue.

» La première chose était de rechercher quels étaient les matériaux dont on pouvait disposer pour cette réparation. Nous avions heureusement à bord quelques forts boulons en acier de 0,150 *mm* de diamètre, assez longs pour embrasser deux des collets de l'arbre.

» Je résolus de faire tailler des encoches dans ces collets et d'y passer les boulons de manière à faire transmettre par ceux-ci l'effort de la machine à l'hélice. C'était un gros ouvrage que de pratiquer ces encoches de 0,15 *m* de profondeur dans ces collets d'acier de 90 *mm* d'épaisseur. On procéda en perçant des trous jusqu'à la profondeur voulue et en enlevant au burin le métal entre ces trous. Il fallut casser quantité de mèches et de burins avant d'en venir à bout. Au bout de vingt-quatre heures, nous avions un boulon en place. Je pensais en mettre cinq, espacés régulièrement autour de la circonférence, mais comme il fallait compter vingt-quatre heures par boulon, pour gagner quarante-huit heures, je crus devoir me contenter d'en mettre trois et d'en courir la chance plutôt que de prolonger le temps pendant lequel le navire dérivait hors de sa route.

» Malheureusement, le travail ne s'est pas borné à la mise en place de ces boulons ; on s'aperçut qu'il y avait dans le palier de butée une nervure qui empêchait, dans la rotation de l'arbre, les écrous des boulons de passer ; ces écrous avaient 0,115 *m* de hauteur ; il fallut réduire cette hauteur à 0,064 *m* et arraser les extrémités des boulons pour qu'elles ne dépassent pas les écrous. Ce travail n'était pas commode à faire avec les outils dont on disposait à bord, mais à force de patience et de persévérance on en vint à bout et, après soixante-douze heures de travail non interrompu, on put faire tourner l'arbre pour éprouver l'efficacité de la réparation.

» Comme la fissure était oblique, j'avais cru utile de serrer à fond les écrous des boulons, mais c'était un tort, car lorsqu'on eut mis les machines en route et qu'on eut atteint graduellement la vitesse de 30 tours par minute, la tête de l'un des boulons se détacha, et il fallut remplacer celui-ci par un autre. On apprend toujours quelque chose ; il est évident que dans ce cas l'effort initial amené par le serrage était tel.

.. lorsque l'effort de torsion dans le mouvement de l'arbre venait s'y ...dre, le métal ne pouvait résister à la somme de ces efforts. On mit le nouveau boulon avec peu de serrage et on desserra un peu les ...s. On put ainsi soutenir, sans difficulté ni accident, une marche 10 nœuds et atteindre New-York avec sept jours de retard. Ce ne ... que là que nous pûmes enfin pousser un soupir de soulagement, ... des inquiétudes qui ne nous avaient jamais laissé un moment ... depuis l'accident. »

Nous ajouterons quelques détails au récit qui précède. L'arbre de ... s'est, comme on l'a vu plus haut, rompu dans la portion faisant ...; il avait, dans cette partie, 15 collets et c'est entre le troisième quatrième collet que s'est produite la rupture. La position de cette ... et la disposition du palier de butée, qui est de la forme généralement adoptée pour les grandes machines, c'est-à-dire à pièces de ... séparées en fer à cheval, a considérablement facilité la réparation qui eût peut-être été impossible à effectuer dans d'autres conditions. ... a, en outre, aidé la consolidation par un cercle en deux pièces serrées ... boulons entourant l'arbre entre les deux collets au-dessous des ... boulons de fixation. Comme les paliers de butée de ce genre ne ... tiennent pas l'arbre dans le sens vertical et qu'on ne pouvait compter ... cet effet sur le mode de réparation, il a fallu soutenir l'arbre par ... chaîne passée dessous et rattachée par ses deux bouts aux barrots ... supérieur du tunnel par des ridoirs à vis permettant de donner ... tension voulue. Cette chaîne était abondamment graissée et, malgré ... précaution, elle était à moitié coupée à l'arrivée à New-York. Le ... de réparation semblait devoir suffire pour le retour à petite vitesse Angleterre; seulement on devait porter à 8 le nombre des boulons de ...

Il y a évidemment dans ce fait, d'ailleurs très intéressant, un nouvel ... en faveur de l'emploi des hélices jumelles, comme nous l'a... indiqué dans la Chronique de septembre 1892, page 617.

Le plus grand navire à voiles du monde. — Nous avons ..., dans la Chronique de juillet 1892, page 173, quelques détails sur ... *Maria Rickmers*, alors le plus grand navire à voiles du monde, cons... en Écosse pour la maison Rickmers frères, de Brême. Ce navire, 114,50 m de longueur, déplaçait 6 000 *tx* et était muni d'une machine ... vapeur auxiliaire, pour lui permettre de naviguer dans les calmes.

Les destinées de ce bâtiment dans lequel quelques personnes voyaient ... type de grand avenir, paraissent n'avoir été ni longues ni heureuses. ... pour son premier voyage de Brême pour Singapore, avec une ... de houille, il prit au retour un chargement de riz pour Brême ..., d'où il fit voile le 14 juillet 1892. On le vit pour la dernière ... au large d'Anjer, île de Java, le 24 du même mois et, faute de nou... depuis, on a tout lieu de le supposer perdu corps et biens.

Le plus grand voilier du monde resterait donc, pour le moment, la ... attaché au port de Bordeaux et construit comme le précédent ...

Fabrication de la glace. — La fabrication de la glace est une industrie moderne d'importance croissante; si on considère également les installations de refroidissement, on trouve que c'est une question d'un immense intérêt: peut-être le jour n'est-il pas éloigné où la récolte et la conservation de la glace naturelle ne seront plus qu'une très rare exception, sinon même un simple souvenir du passé.

Comme exemple d'une fabrication de glace établie sur une grande échelle, on peut citer l'installation frigorifique de Brooklyn, faite par la Compagnie Frick, de Waynesboro, Pensylvanie.

Les constructions se divisent en quatre parties; la première renferme deux générateurs à vapeur de 100 *chx* et leurs accessoires. La seconde partie est un bâtiment à trois étages, contenant un appareil de distillation dont il sera question plus loin et le condenseur à ammoniaque. La troisième partie qui est la plus importante contient une machine frigorifique, type Eclipse, de 150 *t* et deux réservoirs à congélation. Ces réservoirs qui sont en tôle ont 13,5 *m* de longueur sur 11 de largeur et 1,22*m* de profondeur. Chacune de ces bacs contient 480 moules de $1{,}02 \times 0{,}56 \times 0{,}28m$ servant à former chacun un pain de glace de 135 *kg*. La quatrième partie se compose d'un magasin pour conserver la glace.

La machine Eclipse a deux compresseurs à ammoniaque verticaux de 0,508 *m* de diamètre et 0,915 *m* de course, actionnés par un cylindre à vapeur horizontal à distribution Corliss de 0,812 *m* de diamètre et 0,915 de course. A 40 tours par minute, cette machine produit la congélation de 60 *t* par vingt-quatre heures.

Une condition importante pour avoir de la glace belle et saine est d'employer de l'eau absolument pure. Aussi emploie-t-on des précautions particulières à ce sujet. La vapeur d'échappement de la machine et une certaine quantité de vapeur vive prise aux chaudières sont envoyées dans le condenseur par surface dont il a été question plus haut: la vapeur est ainsi condensée et les matières grasses qu'elle peut contenir séparées mécaniquement. L'eau distillée est filtrée sur du noir animal, qui lui enlève toute odeur et toute couleur; elle est refroidie dans un serpentin, puis filtrée de nouveau sur un filtre à charbon avant d'arriver dans des caisses où on la conserve avant de l'employer à la fabrication de la glace. Mais avant de l'introduire dans les moules, on la filtre encore sur de l'éponge; on obtient ainsi de l'eau d'une pureté absolue.

Au-dessus de chacun des réservoirs à congélation, se trouve un chariot roulant qui sert à enlever les moules; ces chariots sont mus mécaniquement et enlèvent deux moules à la fois et les portent à un appareil spécial qui fait sortir les pains de glace; ceux-ci glissent sur un plan incliné jusque dans le magasin à glace.

Cette installation peut produire de 60 à 90 *t* de glace par vingt-quatre heures.

Enveloppes calorifuges pour conduites de vapeur. — La *Deutsche Zuckerindustrie* signale les dangers que présentent certaines enveloppes calorifuges pour conduites de vapeur. Le professeur Wibel a

. ccasion de constater deux cas d'incendie survenus dans des locaux ·taient installées des conduites de vapeur protégées par des enve·· ·· isolantes, dans la composition desquelles entrait de la farine fos· Il était avéré que l'incendie avait commencé dans le voisinage de · conduites. Ne trouvant pas d'explication de ce fait, le professeur ença par rechercher la composition de la matière dont étaient for·· ·· enveloppes des tuyaux.

I. a trouvé la composition suivante pour les deux cas :

	I	II
Farine fossile.	74,4	72,0
Dextrine et amidon	3,1	7,8
Poils ou fibres	18,8	16,0
Matières grasses et résines solubles dans l'alcool	3,7	4,2
Eau:	5,5	4,3

Le professeur a constaté que cette matière, appliquée en couche mince · ..vrement sur les conduites, étant chauffée pendant un temps pro· · à la température de 240 à 250°, prend feu et brûle très lentement, ·· que la combustion soit visible, sauf dans l'obscurité complète, ou ne l'est même que faiblement.

La combustion continue, même après que la matière est revenue à la ;·rature ordinaire. Si on tient la flamme d'une bougie pendant · ·· d'une minute à quelques centimètres au-dessous d'un tuyau garni · revêtement, la matière devient brune sans décomposition appa·· et une combustion lente se produit. Cette combustion se propage ··son de 1 m pour neuf heures.

On peut donc considérer des revêtements de ce genre comme étant ·· des conditions favorables à la propagation du feu et comme aptes · ·enflammer par le contact accidentel d'une lumière. Une composition ·nant 70 à 75 0 0 de farine fossile était jusqu'ici considérée comme · à fait incombustible et exempte de danger au point de vue de l'in·· ·, mais le fait que cette farine, étant à un état de division très · ·· ·, met les matières organiques contenues dans le mélange dans les ·· ·tions propres à devenir pyrophoriques et à produire la combustion ·· tanée, paraît pouvoir donner une explication des singulières pro·· ·s qui viennent d'être indiquées.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Décembre 1892

Rapport de M. Hirsch sur une **Proposition relative à une mission à confier à M. Osmond, pour des études sur la trempe de l'acier.**

On sait qu'en 1890 la Société d'Encouragement a décidé, pour exercer une action plus active et plus efficace sur les études des problèmes qui se posent chaque jour dans l'industrie, de prêter un appui moral et financier aux expérimentateurs. C'est ainsi qu'elle a déjà chargé M. Malher d'expériences sur le pouvoir calorifique des combustibles et M. Serullas de recherches sur la culture des plants à gutta-percha dans la Malaisie.

Les phénomènes de la trempe et du recuit de l'acier restant encore obscurs, tant dans leur essence que dans leurs effets pratiques, il est à désirer que des expériences décisives viennent élucider ces questions et mettre fin à des incertitudes regrettables.

Le Comité des arts mécaniques propose de confier la mission d'entreprendre ces expériences à notre collègue M. Osmond, bien connu pour ses beaux travaux sur la structure des métaux et sur les variations de l'état moléculaire du fer et de l'acier à diverses températures. Ces expériences, pour lesquelles un crédit de 3 000 *f* est ouvert sur les fonds de la Société, seront exécutées au Conservatoire, sous la direction et le contrôle d'une Commission nommée à cet effet par le Conseil de la Société.

Rapport de M. Sauvage sur le **Cric à manivelle de sûreté système Dubois**, présenté par la **Société alsacienne de constructions mécaniques.**

Dans le cric ordinaire, le retour de la charge est prévenu par l'emploi d'un cliquet qu'on doit relever pour permettre la descente ; il faut alors retenir énergiquement la manivelle pour empêcher les accidents. Il est utile, pour rendre ces appareils d'un emploi sûr, de les munir d'un frein agissant avec certitude pendant la descente.

La disposition qui fait l'objet de ce rapport est à la fois simple et efficace. Dans cette disposition, la roue à rochet est folle sur l'arbre de la manivelle; celle-ci est construite de façon à se visser sur l'arbre. Quand on tourne la manivelle pour lever la charge, la vis l'appuie contre la roue à rochet qui se trouve entraînée et fonctionne à la manière ordinaire. Quand on détourne la manivelle pour descendre la charge, la roue se desserre, mais en descendant, la charge fait visser l'arbre et la

... rochet se trouve retenue par le cliquet. La descente ne peut se ... qu'autant qu'on tourne la manivelle dans le sens convenable ; si ... s'arrête, la charge s'arrête.

Les crics sont déjà employés en assez grand nombre par les Compa... de chemins de fer et donnent de très bons résultats. L'appareil ... d'ailleurs s'ajouter assez facilement aux crics ordinaires.

Le noir animal (traduit du *Zapiski*).

C'est une étude sur les divers modes de préparation, la composition ... emplois du noir animal dont les propriétés absorbantes ont été ... vertes en 1811 par Figuier père, pharmacien à Montpellier, et qui ... place le charbon de bois employé précédemment pour les mêmes ...

La fourniture du lait à Copenhague, d'après le rapport de M. H. B. Kyhn, consul des États-Unis à Copenhague (traduit du *Consular Reports*).

La société fondée, il y a une douzaine d'années, à Copenhague, une Société Coopérative d'approvisionnement du lait de Copenhague qui ... des précautions particulières pour assurer la pureté et l'innocuité ... lait. Aussi est-elle arrivée à un chiffre d'affaires considérable. Elle a ... en 1889, 5 475 000 *l* de lait formant le produit de 4 300 vaches ... sur 30 fermes, situées dans toutes les directions et aussi éloignées que possible des grands centres.

La note reproduit les cahiers des charges ou règlement imposé par la ... pagnie à ses fournisseurs pour la nourriture des vaches, la traite, ... raison du lait, etc.

Cabane automatique de Mowie contre la neige et la poussière. (Traduit de l'*Engineering*).

... cabane, établi sur le Highland Railway pour protéger la voie contre ... neige et la poussière, se compose de voliges de 6 m chevillées et ... boulonnement, le bas enterré dans le sol de manière à former ... raison du déblai ; le haut est soutenu par de vieux rails en fer. ... sable et la neige, chassés par le vent, s'accumulent en dehors du ...

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Décembre 1892

Discours prononcé aux funérailles de M. Leblanc, Inspecteur ... ral des Ponts et Chaussées, Vice-Président du Conseil général des ... et Chaussées.

Action des chocs rythmés sur les travées métalliques. M. Delaunay, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

L'auteur a eu occasion de constater que, contrairement à l'opinion généralement répandue, des chocs légers mais bien rythmés peuvent avoir une action très énergique sur certaines travées à poutres droites. Une travée écartée, de même qu'une barre de fer, de sa position d'équilibre, sera susceptible, comme elle, de prendre un mouvement vibratoire dont la période aura une durée parfaitement déterminée dépendant uniquement des dimensions de cette travée et de la valeur de la charge totale par mètre courant. Si la charge mobile qui passe sur la travée donne lieu à des impulsions ayant la même période que le mouvement oscillatoire caractéristique de la travée, l'effet en sera tout différent de celui d'une charge ayant des impulsions non rythmées ou d'une période différente.

Ces considérations ont été vérifiées expérimentalement au pont de Pontoise, qui a deux travées métalliques de 37,30 *m* de portée.

On a mesuré la nature et l'amplitude des oscillations au moyen d'une aiguille multiplicatrice opérant un tracé sur une planchette déplacée avec un mouvement uniforme ; on a ainsi obtenu un grand nombre de graphiques intéressants à étudier.

Ainsi on a constaté que le passage de trois voitures attelées chacune d'un seul cheval et représentant au total une charge inférieure à 4 500 *kg* donnant des impulsions suffisamment concordantes, a produit une flèche de 4,6 *mm*, sensiblement la même que celle qui a été obtenue aux épreuves avec la charge réglementaire de 39 000 *kg*. On voit que l'action des chocs rythmés a eu pour effet de multiplier par un coefficient très peu inférieur à 9 l'effet de la charge mobile. On constate également que le poids de la voiture ne joue aucun rôle, c'est l'action du trot du cheval qui produit les impulsions.

Pour les ponts de chemin de fer la longueur des rails est l'élément important, puisque les chocs impulsifs ont lieu aux joints des rails. Il y a donc une vitesse critique, celle qui amène un intervalle des chocs concordant avec la période oscillatoire de la travée. Il y aurait un grand intérêt à vérifier expérimentalement cette concordance.

L'auteur donne une méthode pour calculer avec une approximation suffisante la durée de la période oscillatoire caractérisque d'une travée.

Note sur **les écluses à grande chute (5,20 *m*) du canal du Centre**, par M. A. Fontaine, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Lors de la réfection, en 1881, des écluses du canal du Centre, dans le but de porter la longueur à la cote réglementaire de 38,50 *m*, on a été conduit à supprimer, dans certains groupes d'écluses, une écluse ou deux en doublant la chute. On a ainsi sur les cinquante écluses du versant de la Saône pu en supprimer treize, soit un peu plus du quart. La chute, de 2,60 *m*, a dû être portée à 5,20 *m*. Cette hauteur, relativement grande, a exigé des précautions particulières pour la construction des portes qui sont en métal. Ces portes pèsent 8 000 *kg* par vantail, y compris le collier, le pivot, la crapaudine, les disques et plaques de friction. On a employé partout, pour le remplissage et la vidange, des vannes cylindriques qui présentent de sérieux avantages (voir Comptes rendus de

septembre 1886, page 386). Ces portes sont revenues à 8 800 *f* par paire, soit 163,60 *f* par mètre carré de surface de fermeture. La dépense totale d'une écluse de 5,20 *m* de chute a été en moyenne de 120 000 *f*. Il est à remarquer qu'il convient de mettre en regard de la dépense totale de 2 400 000 *f* qu'a coûtée la construction des nouvelles écluses, un certain nombre d'avantages parmi lesquels la suppression d'un emploi d'éclusier sur deux, la diminution des dépenses d'entretien résultant de la réduction du nombre d'écluses, de la valeur des maisons éclusières et des jardins devenus disponibles, plus la rapidité de l'éclusage et la facilité de manœuvre de tous les appareils. L'auteur croit que l'expérience des écluses du canal du Centre montre qu'on peut sans crainte aborder par des écluses en maçonnerie des hauteurs de 10 *m* et même des hauteurs plus considérables encore, telles que celles rachetées jusqu'ici par des élévateurs verticaux, ce qui assurerait plus de garanties de résistance et de durée que ces appareils plus ou moins compliqués et donnerait des économies d'établissement considérables par rapport à ceux-ci.

Les feux flottants. — Le Ruytingen, par M. Ribière, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Les premiers feux flottants ont été établis sur les côtes anglaises au siècle dernier. Il n'y a qu'un petit nombre de ces appareils dans les eaux françaises ; on en compte, ou plutôt on en comptait, car quelques-uns de ces feux ont été remplacés par des bouées lumineuses, trois près de Dunkerque, un aux Minquiers, un à Rochebonne et trois dans la Gironde ou à l'embouchure de ce fleuve.

Le renouvellement de l'un de ces feux, le *Ruytingen*, près de Dunkerque, a donné lieu à des transformations importantes qui font l'objet de cette note.

La coque, de 30 *m* de longueur sur 7,82 *m* de largeur au pont et 4,22 *m* de creux, déplaçant 338 *tx*, est construite en acier zingué ; elle présente trois quilles à forte saillie, une centrale et deux latérales, dont l'effet a été de réduire notablement l'amplitude du roulis par rapport à l'ancienne coque.

L'appareil d'éclairage se compose de trois groupes de trois lampes chacun, ces lampes fixées par une suspension à la Cardan à un cercle métallique denté à l'intérieur ; ce cercle est concentrique au mât du bateau et engrène avec un pignon porté par un arbre vertical parallèle à ce mât. Cet arbre est mû par un appareil spécial ; il fait faire au cercle porte-lampes une révolution par minute, ce qui fait que l'intervalle entre les éclats est de 20 secondes. Les lampes sont alimentées à l'huile minérale. L'appareil de rotation consiste en un poids de 600 *kg* descendant de 1 *m* par heure, avec régulateur à friction et mécanisme entretenant automatiquement la rotation pendant le remontage.

L'amarrage du navire est fait sur une ancre à champignon de 2 000 *kg* par une chaîne du calibre de 0,040 *m* de 300 *m* de longueur. Cette longueur est nécessaire pour produire l'élasticité nécessaire pour éviter les chocs que produisent les gros temps, la tension de la chaîne produisant alors l'action d'un ressort dû, non à l'effet seul de l'élasticité du fer, mais

au travail à faire pour tendre en chaînette la chaine primitivement posée sur le fond.

Il y a encore sur le *Ruytingen* un signal sonore consistant en une sirène à air comprimé alimentée par deux moteurs à air chaud Benier, de 9 *chx* chacun.

L'emploi de deux compresseurs permet d'obtenir à volonté de l'air à 3 *kg* de pression ou de l'air à 15 *kg*. Le premier alimente directement la sirène, le second sert à remplir les réservoirs pour faire fonctionner la sirène pendant qu'on allume les moteurs, en cas de brume survenue subitement.

L'équipage comprend un capitaine et un second qui se succèdent à bord de quinze en quinze jours; douze matelots, dont huit à bord et quatre à terre, de sorte que chacun passe quinze jours à terre pour un mois à la mer, enfin deux chauffeurs mécaniciens qui se succèdent à bord de quinze en quinze jours.

Le bateau tout armé a coûté 270 000 *f*, dont 185 000 pour le bateau proprement dit et son armement, le reste comprenant l'appareil d'éclairage et le signal sonore et sa machinerie. Le fonctionnement et l'entretien coûtent annuellement une quarantaine de mille francs.

Note sur les **sondages du lac du Bourget** et de quelques autres lacs des Alpes et du Jura français, par MM. A. Delebecque, Ingénieur des Ponts et Chaussées, et E. Garcin, conducteur des Ponts et Chaussées.

Cette note comprend une description sommaire des lacs du Bourget et d'Aiguebelette (Savoie), de Paladra (Isère), de Saint-Point, de Remoray, des Brenets (Doubs), de Nantua, de Sylans et Genin (Ain). La méthode employée pour les sondages a été celle qui a été employée par l'auteur pour le lac Léman et le lac d'Annecy. (Voir comptes rendus de juin 1891, p. 860.) Seulement, pour les petits lacs on s'est servi de l'appareil de sondage très commode et très portatif de M. Belloc.

En dehors du relevé du profil et du fond on a noté la couleur et la transparence de l'eau, recueilli des échantillons de vase, des animaux microscopiques, etc., étudié la température des différentes couches depuis la surface jusqu'au fond.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINERALE

RÉUNION DE SAINT-ÉTIENNE

Séance du 7 janvier 1893.

Sur le dosage du grisou par les limites d'inflammabilité.

M. Lebreton donne quelques détails sur le dosage du grisou par la méthode des limites d'inflammabilité, indiquée par M. Le Chatelier, et notamment sur le dispositif qu'il a appliqué au laboratoire de l'École des Mines de Saint-Étienne pour rendre plus rapides les lectures à la burette.

Sur la fabrication des tôles minces.

M. Lebaron signale un procédé de fabrication des tôles minces dont il a été mis en avant par sir Henry Bessemer, à la réunion de l'*Iron and Steel Institute* d'octobre 1891 et qui consisterait à couler directement le métal fondu entre deux cylindres de laminoirs refroidis intérieurement par une circulation d'eau froide. Quelques essais faits en Allemagne et en Amérique ne paraissent pas avoir réussi. Il semble cependant y avoir là une idée féconde qui devrait donner des résultats remarquables si on parvient à surmonter certaines difficultés pratiques.

Sur les avantages des enveloppes de vapeur.

M. le Bulv fait un compte rendu des expériences faites par un Comité de l'*Institution of Mechanical Engineers* sur les avantages et le fonctionnement des enveloppes de vapeur. Il insiste particulièrement sur les essais faits par M. Bryan Donkin junior, sur une machine dont les enveloppes étaient divisées en plusieurs parties qu'on pouvait faire fonctionner séparément. On a trouvé, avec l'enveloppe complète, c'est-à-dire agissant sur la partie cylindrique et sur les fonds du cylindre, une économie allant à 30 0/0 pour une machine sans condensation et à 40 0/0 pour une machine à condensation. L'économie attribuable aux fonds seuls représente 10 0/0. Cette économie décroît d'ailleurs rapidement quand la vitesse augmente ; l'économie *maxima* correspond à une admission déterminée pour laquelle la vapeur, à la fin de l'échappement, est simplement sèche.

Production houillère du Nord et du Pas-de-Calais, en 1891 et 1892.

MM. Fayol et Watss ont dressé des tableaux de statistique donnant la production comparée de la houille en 1891 et 1892 dans les départements du Nord et du Pas-de-Calais.

Le premier de ces bassins a produit, en 1892, 8 875 963 *t*, soit 97 559 tonnes de plus qu'en 1891, et le second 9 822 514, soit 1 203 493 *t* de plus qu'en 1891. La production totale des deux bassins a donc augmenté de 1 300 000 *t* en nombres ronds par rapport à l'année précédente.

SOCIÉTÉ DES INGENIEURS ALLEMANDS

N° 5. — *4 février 1894.*

Machine frigorifique de Linde, par R. Diesel.

Calcul d'une machine à vapeur, par H. Habermann.

Exploitation des mines. — État actuel de la préparation mécanique dans la Sarre, le Hartz et la Prusse-Rhénane, par Kohler

Chemin de fer de Brunswick. — Industrie sucrière en Amérique. — Etude du domaine de l'électricité et du magnétisme.

Groupe de Cologne. — Surchauffeur Uhler. — Visite du port et des chantiers de construction de Cologne.

Bibliographie. — Étude de l'électricité comme base de la science de la résistance des matériaux, par W. Keck. — Résistance des matériaux, par Duquesnay.

Variétés. — Exposition de Chicago. — Statistique des opérations du bureau impérial des patentes en 1892. — Chaudières à eau dans les tubes et chaudières de locomotives pour les torpilleurs. — Exposition allemande d'agriculture à Münich en 1893. — Installation centrale d'électricité à la gare de Dresde. — Installations électriques à Bockenheim. — Ecole industrielle de Hagen.

N° 6. — *11 février 1893.*

Machines frigorifiques de Linde, par R. Diesel *(fin)*.

Système de mesures techniques, par F. Stark.

Construction des ponts. — Règlement sur les conditions d'établissement et les épreuves des ponts métalliques pour les chemins de fer suisses.

Exploitation des mines. — Etat actuel de la préparation mécanique dans la Saxe, le Hartz et la Prusse Rhénane, par Kohler *(fin)*.

Groupe du Palatinat-Saarbruck. — Etat actuel de l'électrotechnique.

Groupe de la Prusse occidentale. — Colonne thermo-électrique de Gulcher. — Durée des câbles électriques et leur détérioration par le voisinage des conduites d'eau et de gaz.

Groupe du Rhin inférieur. — Extraction de l'aluminium.

Bibliographie. — Progrès de la métallurgie du fer depuis 1889, par Théodore Beckert. — Guide pour les manipulations dans les laboratoires de chimie, par F. Dannemann. — Législation des petits chemins de fer et des chemins de fer particuliers, par Hermann Jérusalem. — La machine à calculer dite de Thomas, par F. Reuleaux.

Variétés. — Werner von Siemens.

Correspondance. — La roue Pelton.

N° 7. — *18 février 1893.*

Notica nécrologique sur Paul von Schwarze.

Distribution d'eau de Yokohama et de Tokio, par Ph. Forchheimer.

Théorie des machines frigorifiques à absorption, par R. Chottler.

Observations sur ce sujet, par Belani.

Nouveaux systèmes de joints pour les tuyaux, par G. Oesten.

Groupe de Berlin. — Epreuves des papiers. — Projet de loi sur les installations électriques.

Variétés. — Exposition de Chicago.

Correspondance. — Machine à calculer « Brunsviga ». — Épuration des eaux d'alimentation. — Prix pour l'extraction de l'aluminium.

N° 8. — *25 février 1893.*

Machine double à aléser en long et en travers, par la Société alsa- …ne de construction mécanique à Grafenstaden.

Fonctionnement compound dans les locomotives, par F. Leitzmann.

Distribution d'eau de Yokohama et de Tokio, par Ph. Forchheimer.

Pompes auxiliaires des machines à vapeur, par Otto Mueller junior.

Effet utile des enveloppes de vapeur, par F. Freytag.

Groupe de Manheim. — **Dimensions normales des briques réfractaires. — Projet de loi sur les installations électriques.**

Groupe de Wurtemberg. — **Roues dentées brutes de fonte.**

Groupe de Magdebourg. — **Emplois industriels de l'aluminium.**

Bibliographie. — **Progrès dans la construction du matériel d'exploita- … par l'Union des Compagnies de chemins de fer allemands. — Ma- … les sciences de l'ingénieur, 3e partie, Constructions hydrauliques, … L. Franzius, A. Fruhling, Schlichting et E. Sonne. — Nouveaux … à coke, par E.-F. Durre.**

… — **Association des électriciens allemands. — Installations …ques à Bienne.**

Pour la Chronique et les Comptes rendus :

A. Mallet.

[illegible] PARIS. — [illegible]

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

MARS 1893

N° 3.

Sommaire des séances du mois de mars 1893 :

Décès de MM. R. Calvanis, W.-J.-B. Mitchell, F. E. Rolin, P. Cuénot, T. Charlier, Ch.-R. Lorilleux, P. Doury. (Séances des 3 et 17 mars, page 346 et 348 ;

Nomination de M. de Chasseloup-Laubat comme commissaire du Gouvernement français pour l'organisation des Congrès à Chicago pendant l'Exposition. (Séance du 3 mars, page 346 ;

Nominations de membres : *a* de la Commission consultative des Postes et Télégraphes ; *b* de la Commission permanente de l'Agriculture ; *c* de la Commission chargée d'étudier les diverses propositions ayant pour but de favoriser le fonctionnement ou la création des distilleries agricoles. Séance du 17 mars, page 348 ;

Remboursement de bons de l'emprunt de la Société. (Séance du 3 mars, page 346.

Exposition industrielle et artistique, à Angoulême. (Séance du 3 mars, page 346.

Emploi des téléphones dans les chemins de fer, par MM. G. Dumont et Bernheim. (Séance du 3 mars, page 347 ;

Décès de MM. H.-D. Woods et L. Perisse. Séance du 17 mars, page 349 ;

8° *Appareils mécaniques propres à combattre les maladies cryptogamiques de la vigne*, par M. Cazaubon et observations de MM. P. Regnard et M. Perret. (Séance du 17 mars), page 349 ;

9° *Appareil concernant la sécurité des chemins de fer*, par M. P. Regnard. (Séance du 17 mars), page 350 ;

10° *Emplacement à choisir et les moyens de transport à adopter pour l'Exposition universelle de 1900*, par M. D.-A. Casalonga. (Séance du 17 mars), page 350 ;

11° *Projet d'Exposition de 1900*, à Asnières. par M. Bernardet (Séance du 17 mars), page 353 ;

12° *Moyens de transport de la prochaine Exposition universelle*, par M. Villain et observations de M. J. Charton. (Séance du 17 mars), page 356.

Mémoires contenus dans le bulletin de mars 1893 :

13° *Emploi des téléphones dans les chemins de fer.*

1re Partie : *Applications diverses du téléphone et installations*, par M. G. Dumont, page 360.

2e Partie : *Étude technique des appareils*, par M. Edmond Bernheim, page 390 ;

14° *Les appareils mécaniques propres à combattre les maladies cryptogamiques de la vigne*, par M. A. Cazaubon, page 423 ;

15° *Note sur les greniers à silos*, par M. A. Cornaille, page 437 ;

16° *Notes de nos correspondants de province et de l'étranger : Les routes et leur entretien aux Etats-Unis*, par M. H.-D. Woods, page 440 ;

17° *Notice nécrologique*, sur M. Adolphe de Ibarreta y Ferrer, par M. Auguste Moreau, page 444 ;

18° *Chronique*, n° 159, par M. A. Mallet, page 447 ;
Comptes-Rendus, — page 458 ;

19° *Planches*, nos 88, 89 et 90.

Pendant le mois de mars 1893, la Société a reçu :

33305 — De MM. Baudry, éditeurs. *Note sur la détermination de la courbe de pression unique correspondant à une hypothèse de charge déterminée dans les voûtes surbaissées*, par Ch. Maurel (in-8° de 24 p.). Paris, Baudry, 1893.

33306 — De l'École spéciale d'architecture. *Séance d'ouverture du 10 novembre 1892*. Année 1892-1893. Paris, Delalain frères.

33307 — De M. H. Paur (M. de la S.). *Gesellschaft ehemaliger Studirender des Eidg. Polytechnikums in Zurich, Einladung zur 22 Generalversammlung* (in-8° de 34 p.). Zurich, 1892.

33308 — Du Même. *Gesellschaft ehemaliger Studirender des Eidg. Polytechnikums in Zurich. Welches ist der geeignetste Bildungsgang für dem Electrotecniker* (in-8° de 17 p.). Zurich, 1892.

33309 — De M. Twyford. *Appareils spéciaux de water-closets à chasse directe et à chasse latérale. Fontaines. Eviers. Lavabos.* Catalogue illustré (petit in-8° de 45 pl.). London, 1893.

— De M. J. Jackson. *Tableau des diverses vitesses exprimées en mètres par seconde* (in-8° de 8 p.). Nice, Gauthier et C^ie^, 1893.

— De M. E. Bernard et C^ie^, éditeurs. *Etude sur le tracé des courbes circulaires et paraboliques de raccordement pour chemins de fer, routes et canaux et sur l'implantation des axes des ouvrages en courbe*, par J.-G. Daudrix (in-8° de 204 p.). Paris, E. Bernard et C^ie^, 1893.

— Des Mêmes. *Le Secrétaire de l'inventeur*, par Jules Brun (in-12 de 108 p.). Paris, E. Bernard et C^ie^, 1893.

— De MM. Fanchon et Artus, éditeurs. *Traité des chemins de fer, tome I. Infrastructure*, par Auguste Moreau (grand in-8° de 335 p.). Paris, Fanchon et Artus, 1893.

— De la « Konigliche Technischen Hochschule zu Berlin ». *Die Entwickelung der Mathematik im Zusammenhange mit der Ausbreitung der Kultur*, von E. Lampe (grand in-8° de 26 p.). Berlin, 1893.

— De M. P. Weissenbruch, éditeur. *A. Belpaire, 1820-1893. Notice nécrologique* (grand in-8° de 17 p.). Bruxelles, 1893.

— De la Société générale des téléphones. *Télégraphie. Catalogue illustré* (in-8° de 192 p.). Paris, Chaix, 1893.

— De la Même. *Instructions pour la pose des appareils et accessoires* (petit in-4° de 134 p. autog.). Paris, Bour.

— De la Même. *Appareils Ader. Appareils Berthon* (petit in-4° de 32 p., autog.). Paris, J. Foucard.

— De l'Observatorio do Rio-de-Janeiro. *Annuario publicado pelo Observatorio do Rio-de-Janeiro para ano de 1892.*

— Du Même. *Le climat de Rio-de-Janeiro*, par L. Cruls (petit in-4° de 71 p. avec 15 pl.). Rio-de-Janeiro, 1892.

— De la K. K. central Anstalt fur Meteorologie und Erdmagnetismus. *Jahrbucher 1890.* Wien, 1890.

— De MM. Gauthier-Villars et C^ie^, éditeurs. *L'art de déchiffrer les dépêches secrètes*, par de Vialis (petit in-8° de 175 p.). Paris, Gauthier-Villars et C^ie^, 1893.

— Des Mêmes. *Traité pratique de calorimétrie chimique*, par Berthelot (petit in-8° de 102 p.). Paris, Gauthier-Villars et C^ie^, 1892.

— De M. Augustin Normand (M. de la S.). *Note sur la loi de variation du poids de la charpente des navires avec les dimensions et sur la limitation qui en résulte dans la grandeur absolue* (grand in-8° de 5 p.). Paris, Gauthier-Villars et C^ie^, 1892.

— De M. Paul Jannettaz (M. de la S.). *Sur les figures électriques produites à la surface des corps cristallisés* (petit in-4° de 3 p.). Paris, Gauthier-Villars, 1893.

— De M. Alfred Hauet (M. de la S.). *Nouveau système de lavage de cailloux mélangés de terre employé à la Compagnie du chemin*

de fer du Nord à Grandrieux (Aisne), pour le ballastage de la ligne de Laon à Liart (petit in-4° de 9 p. et 1 pl.). Paris, veuve Ch. Dunod, 1893.

33328 — De M. Émile Damour. *Etude sur le nouveau four Siemens et sur l'utilisation dans les fours à régénération* (in-8° de 48 p. avec 2 pl.). Paris, veuve Ch. Dunod, 1893.

33329 — De l'Association française pour l'avancement des sciences. *Comptes rendus de la 21e session, 1re partie, 1892*. Paris, G. Masson.

33330 — De M. Arthur Petit. *Comité Nicolas Leblanc. Rapport sur les comptes de la souscription Nicolas Leblanc* (petit in-8° de 23 p.). Versailles, Veuve E. Aubert, 1893.

33331 — De M. Isidore Clayes. *Nouveau système de machine à vapeur à détente variable automatique* (in-8° de 18 p. avec 3 pl.). Paris, Gauthier-Villars, 1893.

33332 — De M. de Bovet (M. de la S.). *Appareils à adhérence magnétique* (grand in-8° de 50 p.). Paris, Gauthier-Villars, 1893.

33333 — De M. N.-T. Michaëlis (M. de la S.). *Rapport der Commissie uit de Koninklijke Akademie van Wetenschappen betreffende de lewenswize en de Werking van limnoria lignorum* (grand in-8° de 103-XCVI p. avec 7 pl.). Amsterdam, 1893.

33334 — De M. N. Belelubsky (M. de la S.). *Instruction für die Prüfung der Bausteine auf Frostbeständigkeit in Russland* (in-12 de 13 p. et 1 pl.). Riga, 1893.

33335 — De M. G. du Bousquet (M. de la S.). *La nouvelle locomotive-tender à quatre roues accouplées pour trains légers de la Compagnie des chemins de fer du Nord*, de M. Pulin (in-4° de 8 p. avec 3 pl.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1893.

33336 — De M. Ed. Simon (M. de la S.). *Pompes sans cuirs*, de M. Darles de Linière (petit in-4° de 91 p. avec 7 pl.). Paris, A. Boudet, 1768.

33337 — D'un anonyme. *Le Léman à Paris. Assainissement du bassin de la Seine par l'eau surabondante en 1889*, par A. Lesèvrier (in-8° de 51 p. et 1 pl.). Paris, journal *Le Génie civil*, 1892.

Les membres nouvellement admis, pendant le mois de mars 1893, sont :

Comme membres sociétaires MM. :

[illegible] A. Appert,	présenté par MM.	P. Buquet, Terrier, L. Appert.
[illegible]. Berthier,	—	Josse, Chevillard, Jousselin.
[illegible]. Chiart,	—	E. Polonceau, Durant, Dutheil.
[illegible] J. Deschamps,	—	A. Brull, Josse, Vaslin.
[illegible] Ebrolles,		Jolibois, Courtier, Douillet.
[illegible] Garay,	—	Arquembourg, Bureaux, Grouvelle.
[illegible]-J. Hart,	—	du Bousquet, de Fonbonne, Kéromnes.
[illegible] Labour,	—	G. Richard, Picard, Henriot.
[illegible]. F. Lavillon,	—	Jousselin, A. Olivier, Grouselle de Blancheface.
[illegible] Letremart,	—	Jousselin, Herscher, Collin.
[illegible]. C. Parsons,	—	Chapman, P. Buquet, Vaslin.
H. de Rentville,	—	Arquembourg, Bureaux Grouvelle.
[illegible] Schweitzer,	—	Jousselin, Doumerc, Tachard.
[illegible]. Wirth,	—	Jordan, Lencauchez, Osmond.

Comme membres associés, MM. :

[illegible] Canat, présenté par MM. Jousselin, Ch. Herscher, E. Cognet.
[illegible]. Vernet, — Causel, Jousselin, de Dax.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE MARS 1893

Séance du 3 mars 1893.

PRÉSIDENCE DE M. P. JOUSSELIN, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de plusieurs des membres de la Société :

M. Cabanis (Raymond), successivement Ingénieur aux Chemins de fer de Lyon à Marseille, puis chez M. Reynaud, constructeur de navires à Cette, ensuite aux Messageries Maritimes et enfin, en dernier lieu, Ingénieur aux Chemins de fer du Nord de l'Espagne ; membre de la Société depuis 1882.

M. Mitchell (W.-J.-B.), Inspecteur principal en retraite des Chemins de fer P.-L.-M., l'un des doyens de la Société, dont il fut l'un des membres fondateurs, en 1848.

M. Rolin (François-Étienne), ancien Ingénieur de M. Isaac Péreire et Ingénieur de la Compagnie française d'études et d'entreprises ; membre de la Société depuis 1866.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer la nomination de M. de Chasseloup-Laubat comme commissaire du Gouvernement français pour l'organisation des congrès à Chicago pendant l'Exposition.

M. LE PRÉSIDENT dépose la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance, parmi lesquels il signale spécialement le *Traité des Chemins de fer*, par M. Auguste Moreau, membre du Comité ; *tome I : Infrastructure.*

M. LE PRÉSIDENT annonce que M. Viguerie abandonne à la Société quatre bons souscrits par lui à l'emprunt de 1889 ; au nom de la Société, il le remercie de ce don généreux.

Il est donné lecture d'une lettre de M. Burot, d'Angoulême, qui in-

... la Société qu'à l'occasion du concours régional qui s'ouvrira le ... mai dans cette ville, la municipalité organise une grande exposition ... agricole et artistique. M. Burot se met à la disposition des membres ... la Société qui voudraient y participer.

La parole est ensuite donnée à MM. G. Dumont et Ed. Bernheim pour ... communication sur l'*Emploi des téléphones dans les chemins de fer*. Cette communication sera publiée dans le *Bulletin*.

M. G. Dumont prend le premier la parole et rappelle que, bien que l'on ... songé dès l'origine de l'invention, à utiliser le téléphone dans les che... de fer, ce n'est que depuis quelques années que son emploi tend à ... généraliser. Il expose que la communication qu'il présente à la So... traite le sujet choisi au point de vue des services que le téléphone ... actuellement et de ceux qu'il peut rendre ; des conditions dans les ... il doit être installé, et enfin au point de vue des types d'appa... les plus perfectionnés dont la pratique a sanctionné l'emploi.

Les deux premiers points sont traités par M. G. Dumont, le dernier par M. Ed. Bernheim qui prend la parole après lui et présente à la Société ... divers systèmes de téléphone utilisés par les Chemins de fer et donne ... les renseignements sur leur mode de fonctionnement, les particula... de leur construction et les avantages qu'ils présentent pour telle ... application, enfin sur les accessoires destinés à les compléter.

Les explications de M. Bernheim sont facilitées par de nombreux des... affichés dans la salle et par des projections lumineuses, ainsi que ... de nombreux postes téléphoniques installés tout exprès dans la salle ... il fait fonctionner.

M. le Président remercie MM. Dumont et Bernheim de leur très inté... communication formant deux parties se complétant si bien l'une ... l'autre. Il éprouve toutefois un regret, c'est qu'il n'ait pas été dit quelques ... sur les nouveaux appareils destinés aux grands bureaux ; il est vrai ... ces appareils ne sont pas destinés aux applications des téléphones ... les chemins de fer. Il exprime l'espoir que M. Berthon, qui assiste ... séance et qui est le père de ces appareils, voudra bien faire prochai... ment à la Société une communication sur ce sujet, sujet d'avenir, car ... téléphonie est appelée à un très grand développement.

M. le Président est heureux d'adresser aussi à M. Pinel, son élève, ... aperçoit dans la salle, ses compliments au sujet du système dont il ... l'inventeur et dont viennent de parler MM. Dumont et Bernheim.

La séance est levée à 10 heures et demie.

Séance du 17 mars 1893.

PRÉSIDENCE DE M. P. JOUSSELIN, PRÉSIDENT

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer les décès de MM. :

Caillard (Pierre). A été constructeur de machines au Havre, membre de la Société depuis 1887.

Charlier (T.). A été Ingénieur aux chemins de fer de l'Est et d'Orléans et directeur de mines en Espagne et dans le Calvados; membre de la Société depuis 1870.

Lorilleux (Ch.-R.). Était chef de l'importante maison Ch. Lorilleux et Cie, qui fabrique les encres d'imprimerie bien connues; membre de la Société depuis 1889.

Doury (Paul), membre de la Société depuis 1871. Il fut un des premiers qui comprirent l'importance de l'acide phosphorique dans la culture (1852-53). Fixé à Paris en 1864, il fit depuis lors de nombreuses inventions parmi lesquelles les plus remarquables sont: en 1860 un canon à projectile forcé se chargeant par la culasse; un laveur à minerais; avant 1870 il fit en Angleterre des recherches sur l'acier fondu; en 1871 il imagina un système spécial de fusées à deux compartiments, et en 1875 un allumage électrique des pièces à feu et de l'obus; enfin, en 1876, il construisit le plan incliné de Briançon pour la construction du fort de La Croix de Bretagne. Un épisode de sa vie fera connaître combien étaient grands son patriotisme et son désintéressement :

Envoyé pendant la guerre de 1870 par le gouvernement français en Angleterre, avec un chèque de 2 millions pour acheter des armes aux deux maisons Whitworth et Smolanns, *il ne voulut rien toucher pour rémunération de ses services et fut complimenté publiquement par les représentants du gouvernement.* Surveillé par des émissaires de l'ennemi, il réussit, au risque même de sa vie, à faire parvenir les armes et les munitions en France.

La Société salue en lui un travailleur infatigable dont la vie fut pleine de dévouement.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer que plusieurs membres de la Société ont été nommés membres de diverses Commissions officielles :

MM. Poirrier et Richemond, membres de la Commission consultative des postes et télégraphes.

M. Linard, membre de la Commission permanente de l'agriculture.

M. Berthelot a été nommé vice-président de la Commission chargée d'étudier les diverses propositions ayant pour but de favoriser le fonctionnement ou la création des distilleries agricoles; MM. Champonnois, Hardon et Macherez, membres de la même Commission.

M. LE PRÉSIDENT rappelle les grands travaux chimiques de M. Ber-

... Quant à M. Champonnois, c'est le créateur de la chimie agri... il a fait des appareils très simples, qui sont employés aujourd'hui ... toutes les industries agricoles.

... Société a reçu deux lettres de MM. H. D. Woods et L. Perissé actuel... en Amérique. Celle de M. Woods traite des procédés en usage ... l'enlèvement des neiges ; celle de M. L. Perissé rend compte du ... des Ingénieurs des mines américains à Montréal.

L'ordre du jour étant très chargé, lecture sera donnée de ces lettres ... à la prochaine séance.

M. de Lobsanne a la parole pour présenter une notice nécrologique ... Ludovic Richard, Ingénieur civil et ancien élève de l'École Cen...

... vie a été fort remplie, mais il ne faisait pas partie de la Société, ... ignant de ne pouvoir se conformer à l'article 6 des Statuts qui pres... à tout membre nouveau d'adresser, dans les six mois qui suivent ... réception, un Mémoire au Secrétariat.

M. le Président dit que cet article ne doit pas effrayer ceux qui dési... désirent faire partie de notre Société, car s'il figure aux Statuts, en ... son application n'a à peu près jamais lieu. Puis il donne la ... à M. Cazaubon pour présenter sa communication sur *les Appa... mécaniques propres à combattre les maladies cryptogamiques de la ...* (La communication de M. Cazaubon devant être reproduite *in ...* au Bulletin, nous n'en disons ici que quelques mots.)

M. Cazaubon dit que le préventif employé est la bouillie bordelaise, ... d'une dissolution de sulfate de cuivre et d'un lait de chaux. ... appareils destinés à la répandre se partagent en trois catégories : les ... appareils à petit travail portés à dos d'hommes et pourvus de la pompe ... font donner la pression nécessaire ; les appareils à moyen travail ... portés par l'homme, mais chargés sous pression au moyen ... pompes fixes, et enfin les appareils à grand travail à traction ou à ... Avec les premiers l'opération revient à 16 *f* par hectare environ ; ... les seconds à 12 *f*, et à 8,60 *f* seulement avec ceux de la troisième ...

M. le Président remercie M. Cazaubon pour son intéressante com...

M. Regnard désirerait savoir quelle est approximativement la valeur ... matière répandue par hectare, pour faire une comparaison entre le ... de la main-d'œuvre et le prix total, car cela a une grande importance.

M. Cazaubon répond que le prix dépend tout d'abord du nombre de ... traitements et de l'importance de chacun d'eux, chaque région ayant ... méthodes. En supposant un premier traitement à 2 *hl* par hectare, ... deuxième à 4 *hl* et un troisième à 6 *hl*, on obtient un prix moyen de 12 à 15 *f* pour la bouillie nécessaire aux trois traitements. Du reste, le ... du sulfate de cuivre est très variable et peut changer notablement ... indications.

M. Michel Perret dit qu'à la suite des expériences qu'il a faites, il propose de remplacer dans la bouillie bordelaise le sulfate de cuivre qui peut brûler la vigne par le saccharate de cuivre qui est inoffensif.

M. Michel Perret a cherché quelles étaient les quantités de cuivre dissoutes par le sucre. Ces quantités sont minimes dans le liquide bleu séparé du précipité. Si on veut faire une comparaison avec la quantité de cuivre qu'on obtient par les moyens ordinaires, il y a environ 1/100 de cuivre dans la bouillie bordelaise. Eh bien, dans le liquide de saccharate de cuivre, il y a 1/1000; avec cette dose très minime, le résultat est obtenu. Nul doute qu'on arrivera à réduire de plus en plus les quantités de cuivre.

M. le Président remercie M. Michel Perret des renseignements très intéressants qu'il vient de donner et qui complètent ce que M. Cazaubon a dit à propos de l'emploi du sulfate de cuivre.

M. P. Regnard a la parole pour dire quelques mots sur un *appareil concernant la sécurité des chemins de fer*.

M. Regnard dit que M. Pellat, professeur à la Faculté des Sciences de Paris, a imaginé une combinaison d'appareils de signaux de chemins de fer, mettant en communication les stations et les trains en marche. Ce moyen de donner de la station un ordre, un avertissement au mécanicien, cet ensemble d'appareils comporte certains dispositifs connus, des crocodiles, comme au chemin de fer du Nord et des pédales de contact; l'inventeur y ajoute des appareils enregistreurs très intéressants qui vont être envoyés à l'Exposition de Chicago.

Sur la demande de M. Regnard, M. Pellat a déclaré qu'il serait très heureux si quelques membres de la Société voulaient aller voir un modèle d'ensemble de cet appareil modèle, qui n'est pas facilement transportable, car il a 7 *m* de longueur et il se trouve actuellement dans le laboratoire de la vieille Sorbonne. Ceux des membres de la Société que cette question intéresse pourraient aller le voir mardi prochain 21 mars, à 2 heures, à la vieille Sorbonne; l'entrée se trouve rue de la Sorbonne.

M. le Président dit que ceux de nos collègues qui voudront aller voir cet appareil seront certainement très bien reçus.

La parole est à M. D.-A. Casalonga, pour sa communication sur l'*emplacement à choisir et les moyens de transport à adopter pour l'Exposition universelle de 1900*.

M. D.-A. Casalonga, après avoir rappelé comment l'Exposition de 1900 fut décidée, ajoute que, depuis, plusieurs projets d'emplacements ont vu le jour.

Le Conseil municipal de Paris s'est déjà déclaré pour le *Champ-de-Mars et le Trocadéro*, avec extensions collatérales. D'autres, partisans, comme lui, de l'Exposition *dans* Paris, voudraient établir cette Exposition sur l'emplacement même qui s'étend de *l'arc de triomphe de la place du Carrousel à celui de l'Étoile*.

Beaucoup cependant reprochent au Champ-de-Mars d'être usé, démodé, insuffisant; et ils pensent qu'établir l'Exposition entre la place

: Carrousel et le rond-point des Champs-Elysées, serait commettre, contre Paris, un acte de vandalisme.

Ceux-ci sont les partisans d'une Exposition *extra-muros* que chacun , ser, alors, selon ses préférences, à *Saint-Cloud*, à *Courbevoie*, en un ..t du *Bois de Boulogne*, au *Point-du-Jour* entre la plaine d'*Issy* et la ...te d'*Auteuil*, enfin au *Bois de Vincennes* et jusque dans la *Plaine-...nt-Ouen*.

M. D.-A. Casalonga fait remarquer que plusieurs de ces projets *extérieurs* ont déjà été présentés en 1878 et encore en 1889; il en est même qui ..t obtenu alors de nombreux et puissants suffrages, et il voit là, en leur ...veur, cette première présomption qu'ils reposent sur un ensemble de ...sidérations qui méritent une sérieuse attention.

Ils furent cependant toujours repoussés.

Faut-il qu'ils le soient encore aujourd'hui?

En ce qui concerne le Champ-de-Mars, M. D.-A. Casalonga s'en est ...clare un des premiers partisans du jour même — le 11 novembre 1889 — où il osa formuler en haut lieu, en la justifiant, cette proposition: ...e la France décrétât, dès ce moment, l'ouverture, à Paris, de l'Expo... ...os du vingtième siècle. Cependant cet emplacement lui paraît insuf...sant, même avec les extensions proposées.

Pour se prononcer, en connaissance de cause, en faveur de tel ou tel ...emplacement, il faut d'abord, dit-il, se faire une idée nette du but, de la ...nification, du caractère de la prochaine Exposition. Or c'est avec une ...e haute et large qu'il faut considérer l'acte solennel que la France ...apprête à accomplir, et pour lequel on ne doit s'épargner aucun effort ...reculer devant n'importe quel sacrifice.

Dès lors qu'il faut faire quelque chose de « grandiose » dont la ma...ificence force l'admiration du monde entier, et laisse des témoins à la ...stérité, on ne trouve plus, *dans* Paris, un emplacement *unique*, qui ...me donner satisfaction à une telle large conception; d'autant plus que Paris sera toujours le plus grand attrait de cette manifestation et qu'il ...t le parer, l'embellir, mais non le transformer, le bouleverser dans ...s parties les plus attrayantes et les plus fréquentées.

Un emplacement unique qui corresponde à la « grandiosité » de la ...ture Exposition ne peut se trouver qu'au *dehors* de Paris. Mais sur ...quel des divers points signalés?

M. D.-A. Casalonga répond par l'exposé d'une thèse tout à fait neuve ...e sur le principe de la *décentralisation* de l'emplacement.

L'Exposition du XX^e^ siècle devrait, d'après lui, être, à la fois, *dans* et ...ors Paris et se composer d'un certain nombre de centres convenablement choisis, largement reliés et bien coordonnés entre eux, et correspondant chacun à un groupe de produits, ou à un certain nombre de ...s groupes.

De la sorte, M. D.-A. Casalonga se flatte de donner satisfaction à tous ...s intérêts en jeu et de créer l'union là où existe actuellement la lutte ...e plus vive. Il sait combien il est difficile de contenter tout le monde ...ne-même; mais il a dans l'idée que si le meunier du Fabuliste ...t été ingénieur, il se fût tiré d'affaire.

Le Conseil municipal s'est déjà prononcé en faveur du Champ-de-

Mars ; et, en dernier lieu, il a exprimé un sentiment de bienveillance en faveur d'une annexe à Vincennes. M. D.-A. Casalonga retient déjà, en faveur de sa thèse, cette délibération des édiles parisiens, qui reconnaissent ainsi, implicitement, que la totalité de l'Exposition ne peut avoir lieu dans Paris ; qu'il est utile de lui donner une annexe, laquelle en outre donnera satisfaction aux désirs d'une grande partie de la population parisienne.

Un autre inconvénient de l'Exposition unique, si elle avait lieu, par exemple à Vincennes, à Saint-Cloud, au Bois de Boulogne, résulterait de la trop grande transformation de ces parcs qu'il faudrait mutiler en partie, et dont la jouissance serait retirée à la population pendant plusieurs années. On ne peut prendre sur ces parcs les 300 hectares jugés nécessaires pour la future Exposition sans affecter profondément l'état des lieux existants.

De plus, quel que soit l'emplacement choisi, l'encombrement, sans y être aussi considérable qu'en 1889, au Champ-de-Mars, y pourra être très grand. En tout cas, les visiteurs, qui peut-être dépasseront 600 000 par jour et devront être véhiculés en peu de temps, à certaines heures, nécessiteront la création de moyens de transport très puissants et très coûteux, et qui devront bouleverser l'état de la Ville en plus d'un point.

Si l'emplacement unique était choisi sur des terrains non gratuits, à ces inconvénients viendraient s'ajouter les acquisitions, expropriations, démolitions, transformant l'entreprise nationale en une entreprise tout entière d'ordre privé.

En utilisant le Champ-de-Mars et le Trocadéro, au moyen d'une faible dépense, on donnerait satisfaction à la population de Paris et à ses élus ; et l'on s'assurerait des recettes certaines ; car beaucoup de ceux qui ont vu l'Exposition de 1889, en reverraient la nouvelle organisation avec plaisir, de même que ceux qui ne purent pas la voir alors seraient heureux de la retrouver.

En édifiant sur les points indiqués de simples centres, on ne modifierait en rien les sites choisis ; et au contraire, on en augmenterait l'attrait ; on diviserait les courants de la foule, dont la véhiculation serait amplement satisfaite à l'aide des moyens actuels de transport, simplement développés. Tous les centres indiqués confinent à la Seine et au chemin de fer de ceinture qui sont des instruments de transport d'une grande puissance. Avec quelques nouvelles lignes de tramways, dont quelques-unes à traction mécanique et bien fournies de matériel, on pourrait suffire à tous les besoins.

M. D.-A. Casalonga montre que la décentralisation du spectacle est dans les habitudes de la population parisienne. Que l'on en suive le courant un jour de fête, ou de beau temps, on la trouve en tous lieux, en tous sens, en bateaux, en chemins de fer, en tramways, à pied ; partout le même jour la foule s'épand à Vincennes, à Meudon, à Saint-Cloud, au Bois de Boulogne, au Jardin des Plantes comme au Jardin d'Acclimatation, dans les divers squares comme dans les divers musées. Il ne faut pas oublier que Paris compte près de 3 000 000 d'habitants formant la plus large clientèle d'une Exposition.

M. D.-A. Casalonga ne veut pas insister davantage. Surpris, après

d'autres, de ne pas voir figurer le Président de la Société des Ingénieurs civils de France au nombre des membres de la grande Commission préparatoire d'une Exposition où l'art de l'Ingénieur a tant de sujets de s'exercer ; surpris, non moins, du silence que la Société semblait garder à la veille, peut-être, d'une décision de la Commission préparatoire, il a cru qu'il pouvait être utile de provoquer, sur cette importante question, une discussion générale, dont il a ainsi fourni le prétexte, en soumettant une proposition tout au moins originale. Il a été heureux, du reste, de voir qu'un projet se présentait déjà à la Société. Il espère que d'autres se présenteront à leur tour ; et il souhaite que ce ne soit pas trop tard pour fournir quelques éclaircissements à la sous-commission, dont la préférence, pour l'emplacement unique d'Auteuil, semble s'être affirmée dès les premiers jours.

M. le Président pense que l'on doit prêter une grande attention aux dernières paroles de M. Casalonga, en dehors des questions qu'il a bien voulu traiter. Il est certain que dans la Commission dont il a été parlé, la Société des Ingénieurs civils n'a pas été consultée. Elle ne l'a pas été davantage en 1889 ; cependant, l'urgence a été telle que la Société des Ingénieurs civils a été pour beaucoup dans le succès de l'Exposition de 1889. C'est à elle que l'Exposition a dû une grande partie de son éclat : nous avons eu la Tour de 300 m, la Galerie des machines, les remarquables travaux de M. Vigreux, qui avait donné tout le mouvement aux machines, enfin bon nombre de nos collègues qui sont à la tête de grandes industries ont eu des récompenses exceptionnelles.

Pour toutes ces raisons, M. le Président croit que nous devons élever la voix dans cette circonstance.

M. G.-E. Bernardet a la parole pour présenter son *Projet d'Exposition de 1900 à Asnières*

M. Bernardet estime que le Champ-de-Mars est devenu insuffisant pour une manifestation aussi imposante que devra l'être l'Exposition de 1900 et exprime l'espoir que le Conseil municipal de Paris partagera son opinion.

Nous proposons, dit-il, pour 1900 de placer l'Exposition à Asnières, sur une vaste étendue de terrains à cheval sur la Seine, et à la jonction des territoire d'Asnières, Gennevilliers, Ile-Saint-Denis et Saint-Ouen. Cet emplacement se trouve à 1900 m de l'enceinte militaire, à 4 km de Courbevoie et 2 300 m de la place Moncey.

Il comprend :

Sur Asnières	87 *ha*
Sur Gennevilliers	120
Sur l'Ile-Saint-Denis.	7
Sur Saint-Ouen	49
AU TOTAL.	261 *ha*

» : plus de trois fois la superficie de l'Exposition de 1889

Pour arriver à l'Exposition d'Asnières les communications sont assurées avec toutes les grandes Compagnies de chemins de fer, et des communications directes existent dès à présent:

Avec la gare Saint-Lazare distante de 4 *km*;

Avec la gare du Nord distante de 5,500 *km*;

Avec la gare de l'Est distante de 6,100 *km*;

Avec les gares du chemin de fer de Ceinture;

Avec les lignes d'Orléans et de Lyon par les raccords du chemin de fer de Grande-Ceinture.

Les communications par tramways sur Paris sont établies dès aujourd'hui et M. Bernardet cite des lignes d'omnibus et de tramways qui pourraient être créées pour compléter les moyens de transport actuels.

Les communications par eau sont faciles sur la Seine en amont et en aval.

Pour les voyageurs de Paris on pourrait établir un transbordement du pont de l'Alma au pont de Neuilly, et un service fluvial du pont de Neuilly au centre de l'Exposition.

Le transport des voyageurs de la banlieue aurait lieu en créant un service de l'Exposition à Argenteuil et à Saint-Germain.

Si on examine le nombre de voyageurs qui pourraient être amenés en une heure par les moyens de transports énumérés plus haut, on trouvera que 204 336 personnes pourraient être emmenées en une heure.

Division de l'Exposition d'Asnières

Le groupement de l'Exposition d'Asnières est tout indiqué et naturel:

L'agriculture a sa place marquée sur les terrains de Gennevilliers. La surface proposée est de 120 *ha*, mais peut être augmentée à l'infini suivant les besoins.

L'industrie serait placée sur Asnières, qui serait le centre industriel de l'Exposition, Gennevilliers étant le centre agricole.

La surface de ce groupe serait de 85 *ha*. L'île Saint-Denis est tout indiquée pour le groupe des colonies, et les phares ne sauraient être mieux situés qu'à la pointe de cette île.

La surface est de 7 *ha*.

Les Beaux-Arts, le Pavillon de la Ville de Paris, et tous les groupes qui demandent un décor pittoresque, trouveront dans le splendide parc de Saint-Ouen le cadre majestueux qu'offrent ces hautes futaies et ces arbres séculaires.

La surface du parc est de 29 *ha*.

Les chemins de fer auraient leur groupe, à proximité des gares d'arrivée sur Saint-Ouen, dans le terrain contigu au parc.

La surface est de 16 *ha*.

La marine occuperait les rives de la Seine, ainsi que la pisciculture, l'Exposition fluviale, les engins hydrauliques, etc. Les terrains de la Saussaie en bordure de la Seine sur Saint-Ouen seraient affectés à ce groupe. La surface est de 4 *ha*. Les rives de la Seine offrent dans l'Exposition un développement de 4 *km*.

Vingt-cinq portes d'entrée donneraient accès à tous ces groupes.

M. Bernardet expose ensuite diverses propositions tendant à augmenter ...rait de l'Exposition : tramway électrique desservant tous les groupes, ... en plein cintre en acier ayant son sommet à 150 m au-dessus de la ...ne, avec dispositif mécanique spécial permettant aux voyageurs pen... l'ascension et la descente de jouir du magnifique panorama de l'Exposition et de la vallée de la Seine, utilisation de la chute d'eau de ...sonnes dont la puissance minima de 1 500 chx vapeur serait utilisée ...ransportée électriquement pour servir de force motrice à l'Exposition.

M. Bernardet propose également la création d'une ligne aérienne ...culaire dans Paris, amenant les voyageurs aux stations de la Cha... et de la rue de Rome, stations qui seraient à créer sur les parcours ...s des gares Saint-Lazare, du Nord et de l'Est à l'Exposition.

Enfin, M. Bernardet examine les combinaisons qui rendraient économique l'adoption du projet d'Asnières.

En examinant la grande extension des voies ferrées de la Compagnie ... Chemin de fer du Nord sur les 20 *ha* contigus au parc de Saint-... et prenant en considération les nouvelles lignes allant jusqu'à la ... du Parc et celles mises récemment à l'enquête conduisant au pont Saint-Ouen, M. Bernardet conclut que la Compagnie du chemin de ... Nord devra dans l'avenir se rendre acquéreur de toute cette sur... ...abre pour y établir une grande gare de marchandises en relation ...te avec la Seine et prendre une situation avantageuse au cas de la ...sation prochaine de Paris Port de Mer dont le principal Port serait ... Saint-Ouen.

Il y a tout lieu de croire que la Compagnie du Nord serait disposée ...ticiper à l'Exposition, en apportant les 20 *ha* contigus au parc de ...nt-Ouen.

Les avantages multiples qu'elle retirerait font présager de sa part un ...cours puissant.

Les 20 *ha* du magnifique parc de Saint-Ouen représentent le parc le ...ravissant et le mieux entretenu des environs de Paris. En vertu ... lois de Louis XVIII, il devrait avoir fait retour à la Ville de Paris. ...r Gennevilliers, tous les terrains sont en culture, et une occupation ...raire peut être accordée, pour une durée de quatre années, qui re...rait au total à *quatre cent quatre-vingt mille francs*.

...r Asnières, M. Bernardet se réserve de ne prendre que les terrains ... l'expropriation serait la moins coûteuse ; il décrit au point de vue ...nique l'utilité de ces terrains pour l'établissement de magasins ...ssance et de ravitaillement garantis contre toute attaque en cas de ... par les travaux de défense multiples qui les environnent.

Les magasins desservis admirablement par la Seine, par toutes les ...ignes de chemins de fer sont à la porte de Paris et M. Bernardet ...ssortir ainsi la possibilité du concours du Ministre de la Guerre ... l'achat de ces terrains.

M. Bernardet termine en donnant communication des statistiques ... en 1884, par le Conseil municipal de Paris, relativement aux ... emplacements proposés pour l'Exposition de 1889. Ces statis... prouvent que l'emplacement d'Asnières déjà présenté par M. Ber... pour 1889 est celui qui correspond après le Champ-de-Mars à la

plus grande réduction de distance et de temps moyen pour l'ensemble de la population parisienne.

Aussi M. Bernardet estime que l'emplacement qu'il propose offre de nombreux avantages qui décideront les pouvoirs publics à choisir pour 1900 le projet d'Asnières.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Bernardet de son intéressante étude et donne la parole à M. P. Villain.

M. P. VILLAIN prend à son tour la parole, en se plaçant au point de vue des *moyens de transport de la prochaine Exposition universelle*, ainsi que l'a fait d'ailleurs, dès sa première séance, la grande Commission préparatoire instituée par M. le Ministre du Commerce.

M. Villain a étudié le projet d'une gare-type d'Exposition universelle, combinée en vue de l'apport, et surtout de la dispersion aussi rapide que possible des foules qui s'y accumuleront. A cette gare-type qui, dans la pensée de l'auteur, trouvera les surfaces nécessaires à son installation sur l'emplacement quelconque qui sera choisi, on ferait aboutir, à la fois au moyen du chemin de fer de Ceinture et d'une grande artère traversant Paris en son milieu, latéralement à la Seine, les rails de toutes les grandes Compagnies de chemins de fer.

Le rôle que devra jouer le chemin de fer de Ceinture, accru des prolongements appropriés à l'emplacement définitivement choisi, se comprend sans peine. M. Villain explique que l'artère de pénétration centrale, établie latéralement à la Seine, dans une galerie sous la chaussée des quais de rive droite et éclairée par des jours pris du côté du fleuve au-dessus du niveau des plus hautes eaux, et qu'il a eu l'honneur d'exposer à la Société des Ingénieurs civils le 20 mai dernier, sera le prolongement, d'une part, des chemins de fer de Vincennes, de Lyon et d'Orléans, et de l'autre, de la ligne des Moulineaux, et, en outre, d'une ligne nouvelle qui suivrait, à partir de la place de l'Alma, les avenues du Trocadéro et Henri-Martin jusqu'à la ligne d'Auteuil, vers les lacs du bois de Boulogne.

M. Villain explique que la puissance d'évacuation d'une gare — envisagée au point de vue de la dispersion des foules d'une Exposition universelle — dépend d'un certain nombre de facteurs, au premier rang desquels il faut placer la superficie réservée aux quais d'embarquement des voyageurs.

Il y a lieu de considérer, d'autre part, si les rails sont au même niveau que la voie publique extérieure ou à un niveau différent. Dans ce dernier cas, on doit examiner comment et dans quelles conditions sont assurées, par des escaliers ou par des plans inclinés, les relations de la gare avec la voie publique.

Enfin, on ne saurait négliger de tenir compte des entraves plus ou moins nombreuses qui peuvent venir ralentir la marche du voyageur à son entrée dans la gare et qui résultent, en général, de la distribution et du contrôle des billets ; l'orateur cite comme exemples les gares Saint-Lazare et de Vincennes et celle que la Compagnie du Nord a établie à Chantilly en vue des jours de course. Voici les dispositions nouvelles

ont été adoptées pour cette dernière. On forme quatre groupes de voies bordés latéralement par cinq quais d'embarquement de 6 m largeur ; les deux quais extrêmes sont en outre fermés par deux voies

Si l'on se place au milieu de ce groupe de dix voies, le regard tourné vers Paris, on les voit se rapprocher et, à une certaine distance, n'en former que trois. Celle qui est à droite est chargée sur plusieurs kilomètres des trains vides qui viendront successivement prendre la tête des trains de voyageurs, au fur et à mesure que ceux-ci auront débarqués sur les voies de gauche qui vont les ramener à Paris.

Chacune des dix voies de stationnement est directement reliée, à droite, à la voie des trains vides, à gauche, aux voies de départ. Si l'on fait partir le train de la voie n° 1, à l'extrême droite, il croisera les neuf autres voies avant d'atteindre les rails de gauche de retour vers Paris ; il aura laissé libre derrière lui la communication avec la réserve du centre et tout aussitôt il aura été remplacé en bordure du quai de départ.

Le train de la voie n° 2 part ensuite et est de même remplacé ; puis celui de la voie n° 3 et ainsi jusqu'au dixième. Ce dernier seulement n'est pas remplacé, parce que le train de remplacement se croiserait avec le train n° 1 *bis*, qui va commencer la seconde série des expéditions, laquelle sera seulement de neuf trains. La troisième sera de huit, et ainsi de suite, sans aucune interruption ni danger d'engorgement. Le nombre de trains que l'on parvient ainsi à expédier sur un groupe de voies a été indiqué est donné par la formule idéalement simple que M. Villain tient de la très obligeante communication de M. Cossmann, $\frac{n(n+1)}{2}$.

Sur le groupe de dix voies de Chantilly, sans autres arrêts que ceux commandés par les exigences de l'espacement des trains se suivant sur une voie, le nombre de trains est $\frac{10 \times 11}{2}$ — soit 55 trains.

Ce premier groupe de cinquante-cinq trains expédié, on recharge les dix voies de stationnement et on repart pour une nouvelle expédition semblable à la première.

Les installations que M. Villain propose pour l'Exposition prochaine, si on passe à son point de vue, dans les conditions d'emplacement les plus défavorables, c'est-à-dire au Champ-de-Mars, — seraient établies dans le sous-sol du parc du Trocadéro, conformément au plan et aux coupes qu'il fait passer sous les yeux de la réunion ; entièrement souterraines, elles respectent (c'est un point sur lequel on ne saurait trop insister) toutes les dispositions actuelles, aussi bien du parc que des jardins. Elles s'appliquent à trois grandes directions de lignes :

1° Vers l'Hôtel de Ville ; 2° vers les gares Saint-Lazare et du Nord ; 3° vers le Bas-Meudon. Extérieurement, la gare consiste en deux bâtiments aussi peu apparents que possible. Les quais, au nombre de dix-neuf, le plus important 400 m de long sur 10 m de large ; deux autres, également 400 m de long sur 5 m de large ; enfin les six derniers mesurant 150 m sur 5 m, représentant ainsi une superficie de 14 000 m², le

double à peu près de celle qui est affectée dans la gare Saint-Lazare aux services de la Ceinture et de la banlieue.

Le développement des voies en bordure des quais de la gare-type d'Exposition du Trocadéro est de 2 700 *m* correspondant exactement au développement des seize voies du service de Ceinture et de Banlieue de la gare Saint-Lazare, dont il vient d'être parlé, ce qui permettra le stationnement de huit trains de vingt wagons et huit trains de quinze, et par conséquent l'embarquement simultané de 25 à 28 000 voyageurs.

La largeur totale des seize escaliers de la gare du Trocadéro sera de 60 *m* ; cette gare présentera, en définitive, par rapport à la gare Saint-Lazare, avec une même longueur de voies de stationnement, une surface double de quais et un débouché double d'escaliers.

M. Villain prétend trouver au Trocadéro des dispositions permettant d'expédier toutes les dix minutes 25 à 28 000 voyageurs, donnant en théorie 150 ou même 170 000 par heure et en pratique certainement 100 à 120 000. Il reconnaît d'ailleurs que de pareils chiffres ont besoin d'être justifiés, et c'est ce qu'il s'attache à faire en citant divers exemples tirés tant des Expositions de 1878 et 1889 que de l'exploitation de la ligne d'Auteuil.

M. Villain explique que l'expédition des trains chargés et leur remplacement par les trains vides se ferait à la gare de l'Exposition conformément à la formule admise par la Compagnie du Nord pour la nouvelle gare du champ de courses de Chantilly, qu'on pourrait heureusement modifier grâce à une circonstance locale particulière, de manière à expédier des séries de 160 trains sans interruption.

M. Villain insiste pour dire qu'en prenant le Trocadéro pour emplacement de la gare-type de dispersion d'une foule, il n'entend aucunement localiser l'exposition au Champ-de-Mars. S'il avait à manifester des préférences, son inclination le porterait plutôt vers Auteuil ; mais il entend s'abstenir dans la question.

En finissant, M. Villain dit que le projet qu'il vient d'avoir l'honneur de soumettre à la réunion a reçu l'approbation de plusieurs juges très autorisés, notamment de M. l'Inspecteur général des ponts et chaussées Jules Martin, qui a bien voulu même, à cette occasion, lui donner de précieux conseils qu'il a mis à profit. Il serait singulièrement flatté que la Société des Ingénieurs civils accueillît de même avec indulgence le trop long exposé qui précède.

M. le Président remercie M. Villain de sa communication et donne la parole à M. Charton, qui désire ajouter quelques mots.

M. J. Charton dit qu'une Exposition à Paris ou aux environs ne peut avoir de succès que si, de tous les points de la capitale, on peut s'y rendre rapidement et économiquement. M. Casalonga a très bien dit tout à l'heure que la Seine avait été la route la plus suivie en 1889. Le nombre des entrées de l'Exposition s'est élevé à 32 millions ; les bateaux ont transporté plus de 13 millions de personnes (aller et retour). Aussi, ce serait une faute que de ne pas placer l'Exposition de 1900 sur les bords ou près de la Seine.

C'est surtout, les jours d'affluence, à l'heure de fermeture, que les moyens de transport font toujours défaut. Il y a eu, en 1889, plusieurs journées très chargées. Le 13 octobre, le nombre des entrées s'est élevé à 620 000; il y avait fête le soir et tout le monde sortant en même temps, on comprend les difficultés pour le retour. Il y a donc un intérêt immense à créer de nouveaux transports et l'idée de M. Villain paraît excellente.

Parce qu'en 1878 il y a eu 16 millions d'entrées et 32 millions en 1889, on en déduit qu'en 1900 il pourra y en avoir 64 millions; cette progression ne peut pas aller indéfiniment, et ce serait une erreur que de compter sur elle pour dépenser 80 millions. Il ne faut pas tomber dans l'exagération; par conséquent, pour la question de dépense, il ne faudrait pas trop s'éloigner de ce qui s'est fait en 1889.

Il y a aussi un point contre lequel il est bon de mettre en garde les auteurs de projets : c'est la tendance à donner une trop grande part à certaines installations. Une Exposition universelle doit représenter les progrès des sciences, des arts et de l'industrie, et ne doit pas être un prétexte à l'établissement de lieux de plaisir, de cafés-concerts, théâtres, etc. M. Charton craint l'abus. Il faut éviter cela, dans une Exposition qui doit être digne de la France.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Charton des paroles qu'il a prononcées avec l'autorité de l'expérience acquise au cours de l'Exposition de 1889.

La séance est levée à 11 heures un quart.

EMPLOI DES TÉLÉPHONES

DANS

LES CHEMINS DE FER

PAR

MM. G. DUMONT et E. BERNHEIM

PREMIÈRE PARTIE

APPLICATIONS DIVERSES DU TÉLÉPHONE ET INSTALLATIONS

Par M. G. DUMONT

Dès l'invention du téléphone par Graham Bell, en 1876, on pensa que les chemins de fer pourraient utilement employer cet appareil pour la transmission facile et prompte des ordres, des renseignements, des indications de toute nature qui doivent s'échanger constamment entre le personnel des gares et de la ligne.

Il est évident qu'une conversation par téléphone demande beaucoup moins de temps que le passage d'une dépêche par le télégraphe, et que l'usage de cet instrument n'exige aucune éducation spéciale.

Cependant, ce n'est que depuis quelques années que l'emploi du téléphone a été franchement adopté par les Compagnies. Son usage se développe rapidement et tend à se généraliser. Le moment nous semble donc bien choisi pour faire connaître à la Société quels sont les services que le téléphone rend actuellement et quels sont ceux qu'il peut rendre ; dans quelles conditions il doit être installé et, enfin, quels sont les types d'appareils les plus perfectionnés dont la pratique a sanctionné l'emploi.

Nous traiterons les deux premiers points de ce programme, laissant à notre collègue, M. Bernheim, le soin de vous présenter les divers systèmes de téléphone et de vous renseigner sur leur mode de fonctionnement, les particularités de leur construction et les avantages qu'ils présentent pour telle ou telle application.

Il existe deux catégories d'appareils : le téléphone magnétique et le microtéléphone.

Le téléphone magnétique imaginé par Bell est merveilleux de simplicité, mais il ne permet de correspondre distinctement qu'à une distance relativement faible.

En le combinant avec le microphone de Hughes, on a créé le microtelephone qui, plus compliqué, il est vrai, que le téléphone magnétique, est incomparablement plus puissant et est le seul à employer pour le service téléphonique des chemins de fer, à part quelques exceptions, par exemple, sur de petites lignes à trafic restreint et à stations très rapprochées.

Le principal inconvénient que presente le microtéléphone, est la nécessité d'employer des piles; le teléphone Bel. peut, au contraire, s'installer sans cet accessoire, les appels se faisant alors par sonnerie magnétique.

C'est là un avantage évident qui a paru tellement important que de nombreux inventeurs ont cherché pendant bien des années à modifier le télephone magnétique de Bell pour le rendre plus puissant. La question a été travaillée sous toutes ses faces et finalement on n'a rien inventé de mieux que l'appareil primitif.

Ces recherches n'ont cependant pas été inutiles, car elles ont fourni une série de renseignements précieux sur l'influence que peut avoir sur le rendement de l'appareil l'épaisseur, la dimension, la forme de la plaque vibrante, la force et les dimensions de l'aimant qui forme le noyau de l électro, le diamètre et la longueur a donner au fil de la bobine, les dimensions et les formes les plus convenables pour la boîte de resonnance, etc., etc.

Ces renseignements, ces études si patientes et si completes ont été de la plus grande utilité pour les constructeurs qui sont maintenant arrivés a livrer des téléphones de faibles dimensions, d'une grande legerete, d'un prix modique et donnant le rendement maximum que l'on est en droit de demander à ces appareils.

Les telephones magnétiques fabriqués par la Société Générale des Telephones, généralement employés en France, ne pèsent pas plus de 294 *g*.

Les téléphones étudiés par M. Mercadier ont un diamètre de 3 *cm* et pèsent seulement 50 *g*.

Enfin, on fait des téléphones à boîtes d'aluminium dont le poids est de 113 *g*.

Tous ces téléphones peuvent servir de récepteurs pour les postes microtéléphoniques dont il nous paraît utile d'indiquer les organes essentiels et le mode de fonctionnement.

Le microphone H *(fig. 1, Pl. 88)* est constitué par deux ou plusieurs charbons placés les uns au contact des autres et montés sous une plaque vibrante devant laquelle on parle. Lorsque cette plaque est animée d'un mouvement vibratoire, il en résulte au contact des charbons des pressions variables qui modifient le courant de pile P dans le circuit duquel ils sont intercalés. On a ainsi un circuit primaire (représenté sur la figure par un trait ponctué) dont le régime se trouve modifié par la parole. Dans ce circuit est intercalée une bobine d'induction B dont le gros fil est parcouru par le courant primaire. Les variations d'intensité de ce courant ont pour résultat de produire dans le fil fin de la bobine des courants d'induction qui passent dans la ligne (à simple ou à double fil) aboutissant à un poste récepteur installé d'une façon identique à celle du poste transmetteur. Dans cette ligne, représentée sur la figure par un trait interrompu, sont montés en tension les téléphones magnétiques récepteurs R et R'. Le schéma qui ne donne pas les organes accessoires tels que commutateurs, sonneries d'appel, etc., permet de se rendre facilement compte de la marche des courants dans les deux postes en correspondance. Les courants induits engendrés dans la bobine B, arrivant dans les téléphones récepteurs de chacun des deux postes y produisent des variations dans l'état magnétique des noyaux aimantés, par suite des modifications dans la force attractive que ces aimants exercent sur les plaques métalliques des téléphones. Ces plaques se mettent à vibrer à l'unisson des plaques microphoniques et reproduisent les sons émis devant celles-ci.

Ce schéma permet de comprendre également que s'il existe parallèlement aux fils téléphoniques un conducteur F, placé à peu de distance et dans lequel passent des courants variables, ces courants produiront dans les fils de la ligne téléphonique des courants d'induction qui, arrivant dans les téléphones récepteurs des deux postes, modifieront l'état magnétique de leurs aimants et donneront lieu à des vibrations plus ou moins intenses dans

les plaques ; on percevra donc des sons anormaux qui viendront gêner la transmission, ainsi que nous le verrons plus loin.

La figure de principe que nous avons cru utile de donner pour la compréhension du fonctionnement de deux postes microtéléphoniques en correspondance montre que le système est simple et que les appareils sont peu compliqués. Leur rendement et leur bon fonctionnement dépendent des proportions données à tous les organes et de la bonne exécution de leurs différentes parties. Notre collègue, M. Bernheim, vous décrira ces organes en détail et vous pourrez constater par l'examen des divers spécimens mis sous vos yeux que les constructeurs sont maintenant arrivés à des types ne laissant rien à désirer et se dérangeant fort rarement.

Il importe maintenant d'examiner l'influence que la longueur, le diamètre des conducteurs et le métal dont ils sont formés exercent sur la perception des sons articulés.

On peut converser téléphoniquement en employant une ligne télégraphique ordinaire, c'est-à-dire une ligne aérienne en fil de fer de 3 ou de 4 *mm* de diamètre, à un seul conducteur, le retour se faisant par la terre.

C'est ce que l'on a tenté de faire tout d'abord, car il était naturel d'utiliser les lignes existantes.

On trouve dans les ouvrages spéciaux la relation de nombreuses expériences exécutées sur des lignes de cette nature tant en France qu'à l'étranger ; nous pensons qu'il est intéressant de vous faire part du résultat de nos propres expériences.

Nous avons pu téléphoner entre deux stations reunies par un fil télégraphique de 3 *mm* de diamètre en fer, et de 140 *km* de longueur sans coupure, avec retour par la terre, en employant des microtéléphones, système Ader, du type ordinaire et des piles Leclanché.

On percevait encore des membres de phrases à 166 *km* de distance en employant également un conducteur unique en fer de 3 *mm* de diamètre, au moyen des mêmes appareils.

Nous avons expérimenté dans les mêmes conditions les téléphones de M. Mercadier qui ont donné des résultats un peu plus satisfaisants.

Mais une conversation suivie eût été bien difficile pour des personnes n'ayant pas une bonne oreille ou manquant d'habitude.

De plusieurs essais répétés à diverses époques de l'année et par différents temps, de façon à pouvoir apprecier si l'état atmosphérique (pluie, sécheresse, froid, chaleur, etc.) en modifiait les

résultats, il résulte que la transmission téléphonique, à l'aide d'appareils du modèle courant, ne peut se faire pratiquement, au moyen des conducteurs télégraphiques en fer ordinaires, avec retour par la terre qu'à une distance maximum de 25 à 30 *km*.

Il s'agit ici, bien entendu, de téléphones installés dans des gares, c'est-à-dire dans des endroits forcément bruyants, placés simplement dans des bureaux et non dans des cabines téléphoniques.

On peut donc facilement annexer un appareil microtéléphonique à l'appareil télégraphique dans les postes desservis par les fils omnibus pour permettre à ces postes télégraphiques de converser, si on juge utile de créer ce mode de correspondance supplémentaire ; mais on ne pourrait utiliser les fils directs pour mettre en relation l'administration centrale des grands réseaux des chemins de fer français, situées toutes à Paris, avec le personnel supérieur des sections d'exploitation de ces réseaux, en résidence dans des villes dont la plupart sont à de grandes distances de Paris.

L'impossibilité de correspondre téléphoniquement à grande distance sur les lignes télégraphiques en fer à un seul conducteur tient à plusieurs causes, savoir :

1° A la trop grande résistance électrique du fer qui constitue ces lignes.

Le fil de fer de 3 *mm* de diamètre a une résistance kilométrique de 18 ohms, tandis qu'un fil de bronze phosphoreux de 1,6 *mm* de diamètre à 95 0/0 n'a dans les mêmes conditions qu'une résistance de 8,46 ohms.

2° A la trop grande capacité électrostatique du fer.

Cette capacité pour un fil de fer de 3 *mm* de diamètre est de 0,01 microfarad par kilomètre, tandis que celle du fil de bronze phosphoreux de 1,6 *mm* de diamètre à 95 0/0 est seulement de 0,005.

3° A la grande self-induction du fer.

Cette self-induction par rapport à celle du cuivre est près de six fois plus grande.

4° A l'emploi de la terre comme fil de retour.

Ce qui a pour conséquence de permettre aux courants telluriques de passer à certains moments dans les conducteurs et de gêner ainsi la propagation des courants téléphoniques (1).

(1) La production de ces courants telluriques dépend d'une foule de circonstances qui sont encore peu connues. Nous avons constaté, dans les expériences citées ci-dessus, qu'à

3° Enfin à l'induction des fils télégraphiques voisins de celui affecté au service des téléphones.

Cette dernière cause a une grande importance.

Nous avons déjà fait remarquer que les courants télégraphiques circulant dans un fil placé parallèlement et à peu de distance d'un fil téléphonique, déterminent dans ce dernier des courants induits qui produisent dans les téléphones un crépitement très intense, semblable à celui que produit la graisse en ébullition, et qui, pour cette raison, a été fort justement désigné sous le nom de *friture*.

Ce bruit rend fort difficile la perception des paroles transmises et à certains moments, rend même cette perception absolument impossible.

Il est évident que si l'on parvenait à éliminer ou du moins à annuler l'induction des fils télégraphiques voisins de celui affecté au téléphone, on pourrait reculer la limite de 30 *km* assignée ci-dessus pour une bonne transmission sur une ligne à un seul conducteur, en fer, de 3 *mm* de diamètre.

Tel a été le problème que se sont posé beaucoup d'inventeurs et qui a été résolu avec un certain succès par M. Van Rysselberghe en Belgique et par M. Gwozdeff en Russie.

Le système de M. Van Rysselberghe repose sur le principe suivant :

Lorsqu'on supprime la brusquerie des émissions et des extinctions des courants, ceux-ci deviennent inaudibles au téléphone. Il s'agissait donc de substituer aux courants brusquement émis et brusquement interrompus par les appareils télégraphiques, des courants graduels, c'est-à-dire qui vont *crescendo* en commençant *decrescendo* en finissant.

Cette gradation qui a lieu dans un laps de temps inappréciable s'obtient par l'intercalation dans le circuit de petits électro-aimants graduateurs, ou encore en mettant sur la ligne des condensateurs faisant l'office de dérivateurs, ou enfin en combinant des électro-aimants avec des condensateurs afin d'obtenir des résultats plus parfaits.

Les condensateurs et électro-aimants agissent alors comme réser-

[illegible] aux moments de la journée la transmission s'effectuait beaucoup plus facilement dans un sens que dans l'autre, tandis qu'à certains autres moments, au contraire les communications devenaient plus faciles dans le sens opposé. Ces différences avaient été remarquées en certaine corrélation avec le sens des courants telluriques qui passaient dans les conducteurs reliant les deux postes en correspondance.

voirs d'électricité absorbant une certaine quantité de courant, quantité qu'ils restituent à la rupture du circuit.

L'inventeur a d'ailleurs caractérisé le rôle de ces organes en disant qu'ils agissent à l'égard des courants électriques comme les réservoirs à air dans les pompes d'incendie : ce sont des poches qui se vident et se remplissent graduellement, enlevant ainsi toute brusquerie dans les changements de pression électrique. Sous l'influence de courants gradués de cette façon, la membrane du téléphone fléchit bien encore, mais ne *vibre plus*, et dès lors ne donne plus de son au passage du courant télégraphique.

En d'autres termes, les courants télégraphiques deviennent complètement silencieux, inauditibles, qu'ils soient directs, induits ou dérivés.

En complétant le système anti-inducteur par une autre catégorie d'appareils, le système Van Rysselberghe permet de téléphoner et télégraphier simultanément sur les mêmes fils. Il est bien entendu qu'on ne peut pas en général se servir des fils télégraphiques existants, les lignes téléphoniques exigeant des conditions particulières de conductibilité. Donc, l'application du système Van Risselberghe nécessite, au préalable, l'établissement d'une ligne soit en bronze silicieux, soit en fil d'acier ou de fer galvanisé de diamètre assez important.

Ce système fonctionne : il est appliqué sur une assez grande échelle en Belgique ; il a été essayé dans d'autres pays, mais il exige, comme on l'a vu, la réfection de la ligne et la modification de tous les postes télégraphiques sans exception, ce qui entraine à des dépenses fort grandes et d'un ordre comparable à celles que nécessiteraient l'établissement d'une ligne téléphonique spéciale et l'usage de deux lignes, l'un pour le téléphone, l'autre pour le télégraphe ; aussi a-t-on jugé dans bien des cas qu'il vaut mieux avoir recours à ce dernier moyen.

On pourrait encore opposer au système Van Rysselberghe une autre critique assez grave : c'est de retarder la vitesse de manipulation du télégraphe Morse et d'être inefficace pour l'extinction des bruits d'induction produits par la manipulation des appareils multiples (Baudot, Wheatstone, etc.) employés, non sur les réseaux des voies ferrées, mais sur les lignes de l'administration des télégraphes.

Telles sont les raisons pour lesquelles le système après essai entre Paris et Bruxelles sur les lignes de l'État n'a pas été adopté :

ces raisons suffisent également, croyons-nous, pour enlever au système toute chance d'être appliqué sur les lignes du réseau télégraphique des Compagnies de chemins de fer français.

Le système Gwozdeff présente quelque analogie avec celui de M. Van Rysselberghe ; il est caractérisé également par l'emploi de condensateurs, mais de capacités très différentes alors que ceux du système Van Rysselberghe sont de même capacité.

Ainsi M. Gwozdeff donne au condensateur du microphone une capacité de 1 à 10 microfarads, et à celui du téléphone une capacité de 0,02 à 0,025 microfarad, soit une capacité 40 à 50 fois moindre.

On fait usage aussi de déchargeurs analogues à une clef Morse pour éviter la charge de la ligne pendant le passage des courants téléphoniques, et ensuite sa décharge, ce qui rend moins brusque la diminution de l'oscillation électrique.

Enfin, certains perfectionnements ont été apportés aux microphones dans le but de les approprier aux transmissions à grande distance.

Les premiers essais du système datent de 1888-89; ils ont eu lieu sur la ligne télégraphique du chemin de fer Rybinsk-Bologoe. On a pu converser à 294 *km* sur un conducteur en fer et, pendant le travail sur cette ligne, des appareils télégraphiques étaient constamment en jeu.

Si nous insistons sur ce système de téléphonie, c'est que les chemins de fer russes de Kozloff-Voronège-Rostov et de Saint-Petersbourg-Varsovie l'ont installé pour les besoins de leur service.

On correspond ainsi téléphoniquement :

De Saint-Petersbourg à Pskov, à une distance de 284 *km*,

De Saint-Pétersbourg à Louga (138 *km*),

Entre Saint-Petersbourg et Alexandrowka et à Gatschina.

De plus, entre Saint-Pétersbourg et Alexandrowka, on a installé onze postes téléphoniques de pleine voie desservis par un service spécial ; chaque poste comprend un microphone et deux téléphones récepteurs.

Les gardiens sont appelés aux téléphones par un ronflement spécial que produisent ces appareils sous l'influence de courants d'induction lancés à travers la ligne entière par le circuit secondaire d'une bobine de Rhumkorff au moyen d'interruptions répétées du courant de son circuit primaire. Le gardien ainsi appelé,

s'informe quelle est la station qui veut correspondre avec lui : Saint-Pétersbourg ou Alexandrowka.

Enfin, sur les chemins de fer russes pourvus de ces installations téléphoniques, on peut converser au moyen de postes téléphoniques portatifs d'un point quelconque de la ligne avec les stations voisines.

Ainsi, sur certaines lignes de chemins de fer russes on a réalisé la transmission acoustique à des distances de plusieurs centaines de kilomètres au moyen des conducteurs télégraphiques ordinaires. Pour les conversations à grande distance, on a réuni en boucle deux conducteurs télégraphiques.

Nous ne connaissons aucune installation de ce genre sur les chemins de fer français et, ainsi que nous le faisions remarquer plus haut, l'administration des télégraphes n'a pas cru devoir adopter les systèmes anti-inducteurs pour l'utilisation de son réseau télégraphique lorsqu'elle a eu à créer la téléphonie interurbaine. Elle a préféré poser des lignes spéciales en cuivre de haute conductibilité permettant de correspondre très nettement à des distances considérables (par exemple de Paris à Marseille, distantes de 863 *km*), et qui ne nécessitent pas la modification de tous les postes télégraphiques.

Nous pensons que cette mesure radicale est en effet la meilleure et qu'elle devra être imitée par les Compagnies de chemins de fer si elles jugent utile de créer un réseau téléphonique.

Mais, comme ces conducteurs téléphoniques sont posés sur les poteaux supportant déjà des fils télégraphiques et sont, par conséquent, à de faibles distances de ces fils, il faut éviter les effets d'induction dont il a été parlé.

Il existe pour cela un moyen fort simple et complètement efficace consistant à constituer la ligne téléphonique de deux conducteurs et de les croiser alternativement à des distances déterminées.

Il est facile de démontrer que dans ces conditions on réussit à annuler l'induction d'un conducteur télégraphique A sur les conducteurs téléphoniques voisins B et C *(fig. 2, Pl. 88)*.

Supposons que ce conducteur A soit distant de longueurs d et d' des fils téléphoniques B et C tendus parallèlement. Pendant sa période variable, le courant télégraphique engendre dans chaque fil téléphonique une force électromotrice proportionnelle :

1° A la longueur sur laquelle l'action inductrice se produit ;

1° Au coefficient d'induction mutuelle par unité de longueur des deux fils considérés ;

2° A la vitesse de variation d'intensité du courant inducteur.

Si donc nous appelons :

E_b et E_c les forces électromotrices d'induction du fil télégraphique A avec chacun des fils B et C,

L la longueur de ces fils depuis l'origine jusqu'au premier point de croisement ;

M_b et M_c les coefficients d'induction mutuelle par unité de longueur de chacun des fils B et C;

$\frac{di}{dt}$ la vitesse de variation d'intensité du courant inducteur ;

Nous aurons (*fig. 3, Pl. 88*) :

$$E_b = M_b L \frac{di}{dt} \quad \text{et} \quad E_c = M_c L \frac{di}{dt}.$$

Ces deux forces électromotrices sont de même sens dans les deux brins B et C, mais le courant total parcourant la boucle entre L sera la différence de ces deux forces :

$$E_b - E_c = (M_b - M_c) L \frac{di}{dt}.$$

Si on croise les fils et si on considère la boucle suivante de longueur L_1, on aura de même :

$$E'_b = M_c L_1 \frac{di}{dt} \quad \text{et} \quad E'_c = M_b L_1 \frac{di}{dt}.$$

La force électromotrice résultante sera, dans cette boucle :

$$E'_b - E'_c = (M_c - M_b) L_1 \frac{di}{dt}.$$

La force électromotrice agissant sur l'ensemble des deux fils sera donc la somme des deux valeurs calculées ci-dessus, égale, par conséquent, à :

$$E_b - E + E'_b - E'_c = (M_b L - M_c L + M_c L_1 - M_b L_1) \frac{di}{dt}.$$

$$E_b - E'_b = (E_c - E'_c) = [M_b (L - L_1) - M_c (L_1 - L)] \frac{di}{dt}.$$

Cette équation montre que la force électromotrice résultante sera nulle lorsque les longueurs L et L_1 seront égales, étant bien entendu que d'un bout à l'autre de la ligne les deux brins du circuit induit se trouvent dans les mêmes conditions électriques, c'est-à-dire ont le même isolement, la même capacité et la même self-induction.

L'isolement et la résistance kilométrique seront sensiblement les mêmes pour les deux fils, ainsi que leur capacité, puisque ces fils sont généralement à une distance de 6 à 8 *m* du sol et de 0,40 *m* à 0,50 *m* l'un de l'autre.

Il suffit donc d'équilibrer le coefficient de self-induction dans les deux fils induits ; c'est à quoi on arrive facilement en intercalant convenablement dans chacun d'eux les postes téléphoniques.

Si on considère par exemple une ligne à deux conducteurs *f* et *f' (fig. 4, Pl. 88)* desservant deux postes téléphoniques intermédiaires entre ses deux postes terminus, soit au total quatre postes. et si on suppose que cette ligne téléphonique soit placée à côté de deux conducteurs télégraphiques, l'un AB, continu sur tout le parcours, l'autre CD, prenant terre en D, ou divergeant en ce point, on devra disposer les choses comme l'indique le croquis.

En croisant les fils téléphoniques au milieu de CD on annulera l'induction du fil CD et de la partie AE du fil AB ; en les croisant de nouveau à mi-distance des points D et B, on équilibrera le restant de la ligne téléphonique par rapport à la partie EB du fil AB.

En pratique il est prudent de multiplier les croisements et on a obtenu de bons résultats en les installant tous les 500 *m*. En admettant ce dernier chiffre, connaissant le nombre de sections delimitées par l'arrivée, le départ ou la mise sur terre de fils télégraphiques, et remarquant enfin que sur chaque section partielle on devra avoir un nombre impair de croisements afin de pouvoir les espacer sur des longueurs égales dans chaque section, on pourra connaître immédiatement la distance approximative de chacun de ces croisements en divisant la longueur de la section par 500.

Si le quotient est un nombre impair, le chiffre pourra être admis, s'il est pair on l'augmentera d'une unité et le nombre de croisements étant ainsi déterminé, une nouvelle division par ce nombre de la longueur linéaire de la section donnera leur distance (1).

(1) Exemple : On a une ligne téléphonique à deux conducteurs parallèles à trois fils télégraphiques ayant respectivement 2 300, 3 800 et 8 400 *m* de longueur. *Fig. 5, Pl. 84*

On devra installer entre A et B un nombre de croisements égal à $\frac{2\,300}{500} = 4{,}6$, soit 5. Ils

Si on avait parallèlement à ce circuit téléphonique un deuxième circuit téléphonique, on considérerait celui-ci comme formant un circuit télégraphique de sections égales à celles déterminées par les croisements et on agirait à l'égard de ce circuit comme on l'a fait à l'égard du circuit télégraphique ABCD.

Le croisement se fait très simplement à l'aide d'isolateurs ordinaires, ainsi que le montre la figure 6, Pl. 88.

Ainsi, pour les installations téléphoniques des chemins de fer, quelle que soit d'ailleurs l'importance de l'installation, nous pensons qu'il est de beaucoup préférable de recourir à des lignes à deux conducteurs en bronze de 0,0015 *m* de diamètre, dans le cas où on ne peut se servir de poteaux existants et dans celui où on emploie les poteaux d'une ligne télégraphique existante. Les tableaux suivants permettent de se rendre compte de la différence de prix qui existent dans ces deux cas entre la ligne téléphonique à deux conducteurs et celle à un seul conducteur.

1° Prix par kilomètre d'une ligne téléphonique n'utilisant pas des poteaux existants.

	LIGNE A UN SEUL CONDUCTEUR		LIGNE A DEUX CONDUCTEURS	
Poteaux	12 de 6 m à 5,78 f. . . . 2 de 8 m à 10,41 f. . .	90,18 f	12 de 6 m à 5,78 f. . . . 2 de 8 m à 10,41 f. . .	90,18 f
Conducteurs	1 000 m de fil de 0,0015 m de diamètre.	50 » f	2 000 m de fil de 0,0015 m de diamètre.	100 » f
Isolateurs	12 cloches ordinaires à 1,46 f.	17,52 f	24 cloches ordinaires à 1,46 f.	35,04 f
	2 cloches à longue tige à 1,70 f.	3,40 f	4 cloches à longue tige à 1,70 f.	6,80 f
	Totaux. .	161,10 f		232,02 f

2° Prix par kilomètre d'une ligne téléphonique posée sur poteaux existants.

	LIGNE A UN SEUL CONDUCTEUR		LIGNE A DEUX CONDUCTEURS	
Conducteurs	1 000 m de fil de 0,0015 m de diamètre . . .	50 » f	2 000 m de fil de 0,0015 m de diamètre. . .	100 » f
Isolateurs	12 cloches ordinaires à 1,46 f.	17,52 f	24 cloches ordinaires à 1,46 f.	35,04 f
	2 cloches à longue tige à 1,70 f.	3,40 f	4 cloches à longue tige à 1,70 f.	6,80 f
	Totaux . .	70,92 f		141,84 f

Avec le fil en bronze phosphoreux ou silicieux on peut admettre des portées de 90, 100 et même 120 *m*.

Entre deux distants de 2 300 à 5 000 m Entre B et C on devra installer $\frac{3\,800 - 2\,300}{500}$ = 3 croisements situés à la distance normale de 500 m l'un de l'autre. Entre C et D distants de 4 600 m le nombre des croisements sera de $\frac{4\,600}{500}$ = 9,2 soit 9 et leur espacement sera de $\frac{4\,600}{9}$ = 511 m

Il est utile de faire remarquer cependant que ce fil présente un inconvénient : il a une grande affinité pour le givre et se recouvre en hiver d'une couche de glace atteignant parfois plusieurs centimètres de diamètre, ce qui occasionne une surcharge anormale et cause la rupture du conducteur. (Cette affinité est probablement due à la grande conductibilité calorifique du cuivre, qui atteint presque sept fois celle du fer.)

Cet inconvénient, grave dans les pays froids (et qui est encore augmenté par ce fait que la contraction du fil de bronze est plus grande que celle du fil de fer) peut être atténué en prenant du fil ayant seulement 30 0/0 de conductibilité électrique (au lieu de 95 0/0 qui est la conductibilité ordinairement admise), ce qui permet d'employer un bronze dont la résistance mécanique est double de celle du bronze à 95 0/0.

Ceci posé, nous allons passer en revue les emplois du téléphone :

1° Dans les grandes Compagnies de chemins de fer ;

2° Dans les Compagnies secondaires.

I. — EMPLOI DU TÉLÉPHONE DANS LES GRANDES COMPAGNIES DE CHEMINS DE FER

Depuis quelques années, les grandes Compagnies de chemins de fer emploient le téléphone dans une assez large mesure et sont disposées, croyons-nous, à l'étendre encore davantage.

On peut classer ces applications en cinq catégories, savoir :

1° *Application du téléphone pour les communications intérieures ;*

2° *Relations avec les réseaux urbains et les particuliers ;*

3° *Relations dans les gares et leurs dépendances ;*

4° *Relations de gares à gares ;*

5° *Relations des agents de la voie et des trains avec les gares, ou des agents de la voie entre eux.*

1° Application du téléphone pour les communications intérieures

Le téléphone existe maintenant, pour les relations intérieures, dans les bâtiments d'administration des grands réseaux français, à Paris, et dans les principales gares, siège d'inspections régionales. Il y rend d'incontestables services au point de vue de la célérité et de la commodité.

Le réseau intérieur comprend généralement un poste central desservi par un employé mettant en relation les bureaux qui ont

besoin d'entrer en communication. Cette organisation n'offre rien de particulier; il n'y a donc pas lieu d'insister.

2° Relations avec les réseaux urbains et les particuliers

Les Compagnies de chemins de fer ont intérêt à se relier aux réseaux urbains. A Paris notamment, les différents services des administrations centrales sont en relation, par le téléphone, avec les abonnés du réseau et peuvent traiter rapidement les affaires, en évitant souvent une correspondance écrite et des courses d'agents.

Certaines gares sont également reliées au réseau urbain de la localité qu'elles desservent et peuvent, par conséquent, recevoir directement de leurs clients les demandes de wagons ou de renseignements qui leur sont faites.

Ici, le téléphone facilite singulièrement les relations entre les Compagnies et les expéditeurs ou destinataires de marchandises; aussi le système est-il largement employé à l'étranger. En France, on peut citer que des applications beaucoup plus restreintes, dans des villes d'une certaine importance, car le taux beaucoup trop élevé des abonnements impose aux Compagnies l'obligation de restreindre le nombre des installations.

Dans certains cas, de grands usiniers font, à leurs frais, l'installation d'appareils entre leurs bureaux et la gare avec laquelle ils sont journellement en rapport.

Les Compagnies de chemins de fer se prêtent à ces sortes d'installations qui sont très utiles aux industriels.

3° Relations dans les gares et leurs dépendances

Dans les gares, on fait usage actuellement du téléphone pour relier le chef de service avec les bureaux de la gare aux marchandises, les différents postes d'aiguilleurs, le dépôt des machines, les ateliers, etc., et pour mettre en relation directe ces différents services entre eux.

Certaines gares sont donc maintenant pourvues d'un véritable réseau téléphonique, avec un poste central et quelquefois des postes secondaires à plusieurs directions, permettant d'échanger une foule de renseignements utiles et même de donner des ordres intéressant *directement la sécurité de l'exploitation.*

Les dépêches téléphonées qui peuvent engager la responsabilité de ceux qui les transmettent et de ceux qui les reçoivent

doivent être inscrites sur un registre spécial qui tient lieu du procès-verbal télégraphique et elles sont, de plus, collationnées.

Dans les installations téléphoniques ayant pour but d'établir une correspondance entre les divers postes d'une même gare, il s'agit de faire une distinction nette entre ceux de ces postes qui servent à l'échange de dépêches proprement dites, c'est-à-dire à demander des renseignements ou à transmettre des ordres ou des explications relatifs aux détails du service, et ceux qui sont exclusivement destinés à transmettre phoniquement des ordres relatifs à l'entrée ou à la sortie des trains et à la manœuvre des signaux et des aiguilles.

Dans ce dernier cas qui se présente, par exemple, lorsqu'on crée une relation entre une cabine Saxby et un poste d'aiguilleurs, le téléphone remplace un appareil à voyants ou à signaux acoustiques et doit être considéré comme tel. Il n'est donc pas à proprement parler un appareil télégraphique lorsqu'il est affecté à cet usage spécial.

4° Relations de gares a gares

Les Compagnies du Nord et de l'Est ont été les premières, en France, à remplacer les appareils télégraphiques Bréguet à signaux fugitifs, seuls en usage autrefois sur les chemins de fer, par des télégraphes Morse écrivants, dans le but d'augmenter la sécurité en établissant nettement les responsabilités de ceux qui transmettent des ordres importants et de ceux qui les reçoivent.

Cet exemple a été suivi depuis par la Compagnie de P.-L.-M. et par la Compagnie de l'Ouest qui a actuellement opéré cette transformation dans les deux tiers de ses postes télégraphiques. Seule, la Compagnie de Paris à Orléans a persévéré dans l'emploi exclusif du télégraphe à cadran.

Cette condition de responsabilité, dans l'expédition des dépêches intéressant la sécurité, a donc paru suffisamment importante pour justifier des dépenses assez considérables et pour passer sur les difficultés résultant de l'obligation d'enseigner aux agents la manipulation du télégraphe Morse.

A vrai dire, cette manipulation, qui peut paraître plus difficile au premier abord que celle du télégraphe Bréguet, s'apprend assez promptement, ainsi que l'expérience l'a démontré ; d'autre part, la lecture des bandes Morse qui portent les signaux transmis est incomparablement plus aisée que celle du télégraphe à cadran, puisque l'aiguille de ce dernier appareil s'arrêtant sur chaque

...tre ou sur chaque chiffre pendant un temps extrêmement court, ...erteur doit, pour ainsi dire, saisir au vol le signal qui lui est ...ansmis et se rappeler les lettres qui ont passé. D'où, une conten... n d'esprit et une attention fort grande qui sont une cause de ...igue. Enfin, avec le télégraphe à cadran il serait certainement ...possible d'assurer un service aussi tendu que l'exige actuelle...ent l'activité de la circulation des trains sur certaines lignes.

Ainsi se trouverait justifié l'usage du télégraphe Morse, abs...raction faite de la question de sécurité.

Il est naturel que les Compagnies qui font exclusivement usage ... télégraphe à cadran à signaux fugitifs et qui considèrent ce ...le de transmission comme présentant suffisamment de sécurité, ...ent à y substituer le téléphone qui est un moyen de corres...dance incontestablement plus rapide. Toutefois, le téléphone ...sente un inconvénient qu'il est bon de signaler et qui peut ...ir son importance dans le cas qui nous occupe : certains sons ... transmettent mal et peuvent prêter à équivoque ou même à ...ne interprétation ; certains nombres, notamment, ont même ...onnance, par exemple 10 et 6, 1 et 20, et il est à craindre que ...me en collationnant la dépêche on ne relève pas l'erreur.

Malgré cela, il y a actuellement une tendance de la part de ...taines administrations à généraliser l'emploi du téléphone, ...me lorsqu'il s'agit de transmettre des ordres importants. En ...ant abstraction des petites lignes d'intérêt local, où le service ...t en navette et où, à la rigueur, on pourrait se passer de tout ...ème de correspondance, on peut citer des lignes à faible ...fic, il est vrai, mais sur lesquelles il peut y avoir des change...ts de croisement, où on a adopté le téléphone.

Au point de vue purement technique, la substitution du téle...ne au télégraphe sur les grandes lignes rencontrerait des ...ficultés de plusieurs ordres : les conducteurs à fil unique, en ..., servant actuellement au télégraphe sont insuffisants à assurer ... bonne communication téléphonique entre des gares assez ... ...nées les unes des autres, d'abord à cause des différentes ...ses que nous avons données au début de cette note, et ensuite ...use de la proximité de nombreux conducteurs servant aux ...pareils de contrôle de toutes natures, qui sont posés la plupart ... temps sur les mêmes poteaux. Il faudrait donc établir des ... spéciales à double fil pour assurer, dans de bonnes condi...s, les communications téléphoniques et la dépense qui résul...rait de l'établissement de ces conducteurs serait grande.

Sans préjuger de l'avenir, notre opinion personnelle est donc que sur les lignes à grand trafic, le téléphone peut être une annexe très utile du télégraphe Morse, mais ne saurait le remplacer entièrement.

Nous pouvons citer un cas où le téléphone, considéré comme auxiliaire du télégraphe, rend des services importants, en décrivant l'installation réalisée sur la ligne de Vincennes, dans chacune des gares comprises entre Paris-Bastille et La Varenne.

On fait usage des fils télégraphiques existants et l'installation est caractérisée par ce fait que les postes doivent constamment rester sur télégraphe. La relation téléphonique n'est établie que sur un signal conventionnel passé au Morse. Dans ces conditions, les appareils d'appel du téléphone n'ont plus raison d'être, puisque l'appel se fait par la sonnerie du poste télégraphique.

La disposition d'un poste intermédiaire quelconque, représentée par le schéma *(fig. 7, Pl. 88)*, est la suivante :

La borne du manipulateur et la borne de réception du commutateur de lignes, au lieu d'être reliées directement, sont mises en communication par l'intermédiaire du téléphone, lorsque son récepteur de droite maintient le crochet commutateur abaissé. Les relations télégraphiques peuvent donc avoir lieu comme si rien n'avait été changé au dispositif primitif du poste télégraphique.

Si le poste de gauche P_1 veut parler avec le poste P, il demande à ce dernier de se placer au téléphone ; cette demande étant faite par télégraphe, la fiche du commutateur de lignes de chacun de ces postes est sur réception. Les choses restant dans cet état, l'agent se porte au téléphone et décroche les deux récepteurs ; il isole par ce seul fait l'appareil Morse et peut engager la conversation avec son voisin. Pendant ce temps, le poste de droite P_2 peut néanmoins attaquer le poste P dont la sonnerie déclenche. La conversation terminée, les récepteurs sont replacés sur leurs crochets et l'appareil Morse rentre dans le circuit, le téléphone se trouvant à son tour isolé. L'agent n'a plus qu'à remettre la fiche du commutateur sur sonnerie, absolument comme s'il venait de recevoir une dépêche par télégraphe.

L'installation faite dans ces conditions ne change en rien les habitudes du personnel, ce qui est important, et, dans aucun cas, la communication télégraphique ne peut être interrompue, puisque les récepteurs téléphoniques doivent forcément être replacés sur leurs crochets.

La mise en service d'appareils téléphoniques concurremment

avec le Morse a donné d'excellents résultats sur la ligne de Vincennes, où les stations sont très rapprochées les unes des autres (1 300 m en moyenne). Il arrivait, en effet, qu'une dépêche transmise par télégraphe exigeait pour parvenir d'une gare voisine, un temps plus long que n'en mettait un train pour effectuer le trajet. Aussi, dans la pratique, les communications urgentes qui n'intéressaient pas directement la sécurité ou qui n'engageaient pas la responsabilité de la Compagnie étaient-elles faites par correspondance écrite.

Depuis que l'on dispose du téléphone, on s'en sert pour passer les dépêches concernant :

Les demandes de matériel,
Les avis de prises de route,
La répartition du matériel,
Les renforcements de trains,
Les compartiments à réserver,
Les colis en plus ou moins,
Les demandes de remplacements d'agents,
Les interruptions ou les défauts dans le fonctionnement des appareils télégraphiques, signaux, aiguilles, horloges, etc. (dépêches au chef de district, au contrôleur du télégraphe, ou aux ouvriers de l'entretien),
Et généralement toutes les dépêches n'intéressant pas la sécurité de la circulation des trains.

Toutes ces dépêches sont collationnées et inscrites sur un registre spécial.

Toutes les dépêches ayant un caractère officiel ainsi que les télégrammes privés sont, comme par le passé, transmis télégraphiquement.

En cas d'urgence, par exemple pour signaler des wagons en feu ou un accident quelconque, pour demander le secours, pour annoncer un retard de train, la mise en marche d'un train facultatif ou extraordinaire, on peut faire usage du téléphone ; mais la dépêche téléphonée doit être confirmée dans le plus bref délai possible par le télégraphe.

Bien entendu, en cas d'interruption momentanée du service sur une des voies, toutes les dépêches relatives soit à l'organisation d'un service de voie unique, soit à la circulation des trains ou machines sur voie unique, ne sont exécutoires qu'autant qu'elles ont été transmises par le télégraphe. Toutes les prescriptions que nous

venons d'énoncer ont été consignées dans un ordre de service adressé à toutes les gares intéressées.

5° Relations des agents de la voie et des trains avec les gares ou des agents de la voie entre eux

Certaines Compagnies ont installé, depuis longtemps déjà, des postes télégraphiques en pleine voie, de distance en distance, pour permettre aux agents des trains de demander du secours aux stations voisines en cas d'accident ; mais ce système implique l'obligation d'avoir des agents de trains sachant se servir du télégraphe.

Dans certaines autres Compagnies, on a utilisé dans le même but des postes télégraphiques portatifs ; mais ce système n'est pas pratique parce qu'il exige pour son installation des agents spéciaux et que cette installation cause, dans la plupart des cas, une interruption dans la transmission des dépêches.

On a alors songé à remplacer le télégraphe par le téléphone et à employer, soit des postes de secours répartis de distance en distance le long de la voie, soit des postes téléphoniques portatifs.

Nous trouvons un exemple du premier système à la Compagnie du Nord, qui emploie, à titre d'essai, sur certaines de ses grandes lignes, des postes téléphoniques de secours permanents, et qui en a également installé sur plusieurs lignes à faible trafic. Cette installation nécessite, bien entendu, l'annexion aux postes télégraphiques des stations, de récepteurs téléphoniques. On s'est servi, pour ces essais, de récepteurs et de transmetteurs du type Ader, modèle réduit.

La Compagnie d'Orléans a également installé, sur certaines sections, des téléphones aux postes des gardes-barrières, pour permettre à ces derniers de communiquer avec les gares voisines.

Ces installations, faites jusqu'à présent au double fil, comprennent :

1° Pour la gare, un poste magnétique fixe composé d'un téléphone transmetteur, de deux téléphones récepteurs, d'un appel magnétique à manivelle et d'un paratonnerre à pointes (modèle spécial étudié par la Compagnie d'Orléans) portant une manette pour mettre la ligne à la terre en cas d'orage. Le tout est monté sur un panneau avec crochet commutateur et crochet fixe, ainsi que le montre la figure 8, Pl. 88.

La sonnerie magnétique est toujours actionnée au départ par

l'appel magnétique, ce qui permet de constater le départ du courant à la sortie du poste.

Le tableau central (système Sieur) est muni d'annonciateurs et de commutateurs du modèle ordinairement employé pour les installations bourgeoises.

2° Au poste de garde-barrière, l'installation est en tout point semblable à la précédente (1).

Les transmetteurs magnétiques sont munis d'une sorte d'embouchure dans laquelle il faut parler, ce qui donne lieu à quelques plaintes, surtout quand plusieurs agents doivent se servir de l'appareil.

Pour les faibles distances, le téléphone purement magnétique donne de bons résultats ; mais pour les grandes distances, la perception des sons devient difficile, les transmetteurs ayant une puissance insuffisante.

Les postes téléphoniques portatifs sont en usage sur certaines petites lignes exclusivement exploitées par téléphone, ainsi que nous le verrons plus loin ; mais nous trouvons également un exemple de cette application sur les grandes lignes du réseau des chemins de fer autrichiens.

On emploie sur ces lignes un téléphone de campagne du système Gattinger qui, paraît-il, peut être installé en quelques minutes sur un point quelconque de la voie, même par des agents ne possédant aucune instruction technique. Son emploi n'interrompt pas la communication télégraphique entre les stations. Enfin, il paraît que ce téléphone dont nous regrettons de ne pouvoir donner une description détaillée, ni les dessins, permet, dans des conditions favorables, de correspondre même à 50 *km* de distance à l'aide des fils telegraphiques directs.

Nous avons dit qu'on employait des postes téléphoniques portatifs sur certaines petites lignes : le poste en essai sur la petite ligne d'Anvin à Calais, par exemple, se compose d'un bouton d'appel, d'un microphone, d'un téléphone d'une sonnerie a grande résistance, d'un commutateur de dérivation pour la sonnerie et le téléphone, et de dix éléments de pile Leclanché. Le tout est contenu dans une boîte de 0,33 *m* de hauteur, de 0,30 *m* de largeur, et 0,20 *m* de profondeur, du poids total de 10 *kg*.

Il est d'autres applications que l'on peut signaler comme pouvant peut-être rendre service dans certaines circonstances. C'est

(1) La figure 8, Pl. XII donne le schema de montage d'un poste de gare à trois directions, en relations avec des postes de gardes-barrières.

la mise en relation temporaire de deux points donnés soit sur la voie, soit d'une partie d'une gare à une autre de cette même gare.

Le problème peut être résolu de deux façons : soit par l'emploi d'un câble volant, soit par l'emploi d'un fil posé à l'avance et auquel il suffit de se relier pour communiquer.

Nous pensons qu'il est intéressant de relater ici une expérience que nous avons faite dans le courant de l'année 1892, et qui prouve que la première solution du problème n'offre aucune difficulté.

Nous avons téléphoné avec une grande netteté à l'aide de téléphones magnétiques Ader, à 1 000 et à 1 500 *m* de distance, en employant un conducteur unique formé d'un fil bi-métallique *nu* de 0,0006 *m* de diamètre simplement posé sur le sol. Le retour se faisait par la terre prise au rail. Les appels se produisaient à l'aide de sonneries magnétiques.

On ne pouvait d'ailleurs songer à faire usage, dans cette circonstance, de sonneries actionnées par des courants de pile ; un fil posé sur le sol étant évidemment dans des conditions d'isolement des plus défectueux et ne pouvant servir à la transmission de signaux électriques qu'à la condition d'employer des courants de haute tension.

On avait placé à chaque extrémité de la ligne deux récepteurs Ader n° 3, en dérivation sur la sonnerie magnétique, de façon à s'exonérer de toute manœuvre de commutateur ; l'un de ces téléphones servait de transmetteur, l'autre de récepteur.

Dans ces conditions, l'installation était d'une grande simplicité.

Le fil bi-métallique est constitué d'une âme en acier entourée de cuivre pur, ce qui permet d'obtenir à la fois une grande conductibilité électrique et une grande résistance à la traction (75 à 80 *kg* par millimètre carré).

Ce fil était enroulé sur un dévidoir muni d'une poignée ; le déroulement sur le sol se fait à la vitesse d'un homme marchant au pas. Pour le relèvement du fil, à l'issue de l'expérience, la poignée du dévidoir était assujettie, à l'aide de crochets spéciaux, à un plastron, et l'enroulement s'opérait rapidement par l'homme qui cheminait en donnant un mouvement de rotation à l'arbre de la bobine, à l'aide d'une manivelle montée sur cet arbre.

Le relèvement d'une ligne de 1 *km* a été effectué par un homme inexpérimenté en quinze minutes.

On possède ainsi un moyen simple et peu coûteux d'établir

une communication temporaire par sonneries magnétiques et par téléphone entre deux chantiers espacés sur la voie de 1 à 3 *km*, ce qui peut présenter, dans certains cas, un intérêt réel.

Notre regretté collègue, M. de Branville, qui s'est beaucoup occupé des applications de la téléphonie au service militaire et qui, avec M. Aubry, a construit des postes magnétiques portatifs très pratiques, s'était préoccupé de l'établissement de lignes volantes pour créer des communications temporaires. Il avait fait construire à cet effet un câble à un conducteur composé d'une torsade de sept fils de bronze, recouverte d'une couche isolante de caoutchouc pur, d'une enveloppe protectrice formée de deux guipages en sens contraire, de fils de coton et d'un enduit hydrofuge.

Il existe deux modèles de câbles ainsi constitués, dont le tableau ci-après donne les principales dimensions, les poids, les résistances et la conductibilité :

		MODÈLES	
		A	B
DIMENSIONS.	Diamètre extérieur du câble	0,00150	0,00200
	Diamètre du fil de bronze employé	0,00024	0,00030
	Section totale du conducteur en millimètres carrés.	0,3164	0,4948
RÉSISTANCE.	Résistance du câble à la rupture	11,40 *kg*	17,30 *kg*
	Résistance du bronze par millimètre carré	35 *kg*	35 *kg*
CONDUCTIBILITÉ	Résistance électrique en ohms par kilomètre	54	40
	Conductibilité électrique	0,80	0,80
POIDS	Poids du câble par kilomètre	5 *kg*	6,14 *kg*

Ces câbles sont légers, comme on le voit, et un seul opérateur peut facilement dévider une bobine de 500 *m* de ce conducteur. On réunit les extrémités de chaque longueur de câble de 500 *m*, au moyen d'un serre-fils à deux bornes.

S'il s'agit maintenant de communiquer temporairement entre deux points désignés d'avance, il est plus simple d'établir une ligne à conducteur unique entre ces deux points et de faire aboutir ce conducteur, à ses deux extrémités, à une prise de contact. On peut ainsi installer rapidement un poste portatif et établir la communication dans un espace de temps très court.

La principale condition à remplir, c'est d'avoir un poste portatif peu coûteux et d'un poids très restreint. C'est dans ce but que nous avons combiné l'appareil dont la figure 9, Pl. 88 donne les vues en coupes et en plan.

Il se compose d'une boîte de 0,11 *m* × 0,28 *m* × 0,17 *m*, renfermant l'appareil double Berthon-Ader, une sonnerie trembleuse de petite dimension, un bouton-poussoir, une bobine d'induction et un com-

mutateur. Le tout ne pèse que 2,400 *kg*. En dehors de la boîte sont fixés, d'une part, deux crochets-conjoncteurs servant à prendre communication avec la ligne et la terre au moyen d'une clef spéciale attachée à un cordon souple ; d'autre part, trois autres crochets de même forme servant à relier la pile à l'appareil.

La pile est complètement indépendante et peut être composée d'éléments secs facilement transportables ou d'éléments Leclanché ordinaires que l'on trouve dans toutes les gares.

On possède, comme on le voit, le moyen de réaliser tous les genres de communication possibles entre les divers postes des gares, de gare à gare, et d'un point quelconque de la voie avec un autre point de la voie ou avec les postes télégraphiques voisins.

En terminant cette revue des principaux emplois du téléphone aux grands réseaux des chemins de fer, nous ferons remarquer que les applications sont peut-être plus étendues à l'étranger qu'en France. Ainsi, en Angleterre, les différents postes de block-system sont reliés téléphoniquement et peuvent ainsi échanger des avis du genre de ceux dont nous donnons la liste :

Annonce de la nature du train qui a passé devant le poste.

Avis d'arrêter un train signalé par le poste en amont comme ayant une portière ouverte, un signal de queue éteint, un chargement dérangé et offrant du danger, etc.

Rectification d'une erreur dans l'indication de la nature d'un train donnée par la sonnerie du bloc.

Notification au signaleur d'avant de garer un train pour laisser passer un train plus important.

Indication préalable à une cabine placée en avant d'une bifurcation de la direction à donner au train arrivant, afin d'éviter tout retard dans la préparation de la voie.

Secours à demander aux stations en cas d'accidents de toute nature.

Demande au dépôt de machines d'une machine de secours.

Transmission de l'heure aux postes situés en pleine voie.

Annonce d'un dérangement survenu dans les appareils du block-system, etc., etc.

État actuel de la téléphonie sur les grands réseaux français.

Ainsi que nous venons de le montrer, par l'examen des principales applications déjà réalisées sur les grands réseaux français et par l'énoncé de celles qui pourront être réalisées plus tard, le téléphone est destiné à jouer un rôle important dans l'exploitation des voies ferrées. Le nombre des appareils actuellement en service a considérablement augmenté depuis quelques années. Ainsi, à l'occasion d'une communication faite en 1889 à la Société Internationale des Électriciens sur les applications de l'électricité à l'exploitation des voies ferrées, nous avions recherché quels étaient, à cette époque, les nombres de postes télégraphiques et de postes téléphoniques,

Nous avions trouvé qu'il existait sur les sept grands réseaux français environ :

5 000 postes télégraphiques ;

700 postes téléphoniques.

Le nombre de ces derniers était, par conséquent, sept fois moindre que celui des postes télégraphiques.

Depuis 1889 le nombre des postes télégraphiques en service n'a que sensiblement augmenté; il n'en est pas de même de celui des postes téléphoniques, et la situation actuelle est approximativement la suivante :

5 200 postes télégraphiques ;

1 210 postes téléphoniques.

Ces derniers ne sont plus qu'en nombre 4,3 fois moindre que les postes télégraphiques.

On a généralement reconnu la nécessité du double fil. Les Compagnies du Nord, de P.-L.-M., de l'Est et d'Orléans qui avaient tout d'abord installé leurs téléphones au simple fil, ont adopté les lignes à deux conducteurs en fil de bronze siliceux phosphoreux de 1,5 à 2 *mm* de diamètre, à 98 0 0 de conductibilité, sauf dans le cas où ces postes sont placés sur les sections de ligne à faible trafic, dans les stations, haltes, etc., auquel cas ils sont reliés sur le fil télégraphique ommibus généralement constitué d'un seul conducteur en fer de 3 *mm* de diamètre. Il en est de même de ceux de ces postes placés en pleine voie et qui constituent de postes de secours, et enfin des postes téléphoniques accolés au télégraphe, ainsi que nous en avons donné un

exemple en décrivant les installations réalisées sur une partie de la ligne de Vincennes.

La Compagnie de l'Ouest et celle du Midi ont conservé pour toutes leurs communications téléphoniques de gares le simple conducteur en fer de 3 *mm* de diamètre avec retour par la terre.

II. — EMPLOI DU TÉLÉPHONE DANS LES COMPAGNIES SECONDAIRES

Nous avons vu que, sur les grands réseaux, l'emploi du téléphone est soumis à certaines restrictions et ne peut être substitué au télégraphe Morse pour assurer la transmission de tous les ordres et avis intéressant la sécurité de l'exploitation.

Il n'en est pas de même pour les petites lignes. Il est maintenant admis que, dans ce cas particulier, le téléphone peut remplacer complètement le télégraphe, l'exploitation de ces lignes se faisant dans des conditions spéciales.

Le télégraphe à cadran et encore moins le télégraphe Morse, qui exigent des installations coûteuses, ne conviennent aux lignes à faible trafic ne desservant que des localités peu importantes, où les stations ne sont que de simples haltes situées souvent en face d'estaminets dont les tenanciers doivent assurer le service de l'échange des marchandises. Il fallait quelque chose de plus simple, de plus expéditif que le télégraphe, d'un fonctionnement sûr et néanmoins à la portée des agents peu instruits appelés à en faire usage. Le téléphone répond seul à ces exigences.

Nous donnerons comme exemples l'application faite :

1° En Belgique, sur les chemins de fer à petite section ;

2° En France, sur le réseau de la Compagnie Meusienne de chemins de fer.

Application du téléphone sur les chemins de fer belges à petite section.

M. Piérard, Ingénieur des télégraphes, à Bruxelles, a publié une étude intéressante sur l'application du téléphone aux chemins de fer belges à petite section ; c'est de cette étude que nous avons extrait les renseignements qui suivent :

Cet Ingénieur fait remarquer que le téléphone a été appliqué systématiquement, pour la première fois, le long des voies ferrées à l'usage exclusif des besoins du service de ces voies, en Belgique.

La figure 9, Pl. 88 donne le tracé des lignes téléphoniques desservant les tramways du Nord d'Anvers et du Sud de Bréda.

Sur les chemins de fer économiques belges, les stations sont généralement de simples haltes, sans bâtiment ou locaux spéciaux. Un café voisin de la halte constitue la station. C'est donc généralement dans une salle réservée du café qu'est installé le téléphone. Ce dernier est enfermé dans une boîte munie d'une serrure.

Chaque poste comporte un microphone, deux téléphones récepteurs et une sonnerie magnéto-électrique pour les appels.

Tous les postes d'une même ligne sont montés en série sur un seul circuit, ce qui présente plus d'avantages qu'un montage en dérivation, car avec ce système on n'a besoin d'avoir qu'un seul type d'appareils.

L'expérience a montré qu'il était possible d'embrocher jusqu'à 12 postes dans le même circuit sans rendre la réception téléphonique trop précaire et que l'on pouvait même converser pratiquement entre les postes terminus d'une ligne de 59 *km* de longueur comprenant 18 postes.

Quand les circuits sont fortement chargés, les postes intermédiaires communiquent entre eux dans de très bonnes conditions ; la communication devient d'autant moins bonne qu'on approche davantage des extrémités.

Les signaux d'appel des divers postes embrochés ont été constitués par des roulements de sonnerie combinés suivant le code Morse, c'est-à-dire par une succession de sonneries brèves et longues.

Les préposés se rendent à leur appareil seulement quand c'est leur poste qu'on appelle.

La trop grande complication des appels n'est pas à craindre, puisque avec deux signaux (une brève et une longue) et une seule répétition on a 2 signaux ; avec deux répétitions on a 2^2 ou 4 signaux ; avec trois répétitions on a 2^3 ou 8 signaux, soit en tout $2 + 4 + 8 = 14$ signaux, ce qui est largement suffisant puisque le nombre des postes embrochés atteint au plus 12.

En résumé, on peut traiter une succession de postes téléphoniques comme des postes télégraphiques desservis par un fil omnibus, et on peut, dans certains cas, réunir par des fils directs les postes principaux, ce qui a pour double avantage d'améliorer la transmission entre ces postes principaux et de permettre des

communications au cas où l'un des circuits viendrait à être interrompu.

On peut objecter à ce système qu'il permet à tous les postes d'écouter les communications qui s'échangent entre deux d'entre eux, mais comme il ne s'agit ici que de messages de service sans intérêt pour les tierces personnes, cet inconvénient n'est pas grave.

Les appareils sont montés au simple fil par mesure d'économie ; on emploie le double fil seulement quand la chaussée empruntée par le chemin de fer vicinal est longée par des fils télégraphiques ; on évite alors l'induction en croisant les deux conducteurs, comme nous l'avons expliqué plus haut.

On avait fait usage, dès le début, de fils de fer de 0,003 *m* de diamètre, mais on emploie maintenant le fil de bronze phosphoreux de 0,0016 *m* de diamètre à 95 0/0 de conductibilité, avec lequel on peut avoir des portées de 90 à 120 *m*. Nous avons signalé l'inconvénient que présente ce fil dans les pays froids ; pendant l'hiver, il se recouvre d'une couche épaisse de glace qui amène sa rupture ; aussi, en Belgique, l'a-t-on remplacé par du fil de bronze à 30 0/0 seulement de conductibilité électrique, ayant une résistance mécanique double de celle du fil à 95 0/0 de conductibilité électrique.

Un autre inconvénient du fil de bronze, qu'il est intéressant de signaler, c'est qu'il tente les voleurs ; ceux-ci n'hésitent pas à couper les lignes pour s'approprier un métal qui vaut 2,50 *f* le kilogramme ; aussi a-t-on imaginé d'oxyder le bronze pour lui donner l'apparence de l'acier.

Il est également assez curieux de noter que des personnes malveillantes cassent, à coups de pierre, les isolateurs des lignes téléphoniques, lesquels étant en porcelaine blanche se voient facilement et constituent un but facile à atteindre. On a donc remplacé ces isolateurs par d'autres colorés en gris au moyen d'un silicate approprié faisant partie de l'émail des cloches. On a constaté que ces nouveaux isolateurs étaient bien moins fréquemment brisés que ceux en porcelaine blanche. Sur les lignes où cette substitution ne suffit pas à empêcher les bris, on en est réduit à employer des isolateurs blindés, constitués par une simple cloche en porcelaine recouverte extérieurement par une cloche en fonte malléable galvanisée, fixée au moyen de plâtre.

Les quatre lignes téléphoniques du réseau aboutissent toutes à Merxem, où est installé un poste central ; la ligne de Lillo se dé-

table de celle de Bergen op Zoom, à la première station après Merxem, ainsi que le montre la carte.

La station de Merxem, ainsi que la station tête de ligne de la ligne de Lillo sont pourvues de postes téléphoniques à plusieurs directions, ayant par conséquent un tableau avec annonciateurs et commutateurs.

Il est inutile de donner ici une description détaillée des organes de ces postes, notre collègue, M. Bernheim, devant vous montrer tout à l'heure les dispositions à l'aide desquelles on réalise la mise en communication de diverses lignes aboutissant à un poste central.

Sur les voies ferrées pourvues de postes téléphoniques en Belgique, les distances de ces postes sont en moyenne de 3 250 *m*.

Le nombre total des postes existant sur les chemins de fer économiques belges est de 197 ; la longueur totale des lignes est de 1 088,318 *km*, dont 275,397 *km* en fils de fer et 812,921 *km* en fils de bronze.

Application du téléphone sur les chemins de fer à voie étroite de la Meuse (France).

Un deuxième exemple d'application du téléphone à l'exploitation des petites lignes nous est fourni par la Compagnie Meusienne de chemins de fer, dont le siège social est à Bar-le-Duc.

Cette Compagnie a un réseau de 155 *km*, comprenant trois lignes :

1° La ligne de Bar-le-Duc à Vaubecourt et Clermont, en Argonne ;

2° La ligne de Beauzée à Verdun (en construction) ;

3° La ligne d'Haironville à Triaucourt, dont la figure 11, Pl. 88 donne le tracé.

Les lignes actuellement en exploitation ont une longueur totale de 117 *km*.

Le téléphone est exclusivement employé sur ces lignes, sauf sur la section de Revigny à Haironville, d'une longueur de 27 *km*.

Le siège de l'administration est relié à l'ensemble du réseau. Les gares principales (marquées sur la carte par un gros point noir) possèdent seules des postes ; ceux-ci au nombre de onze pour un développement de lignes de 91 *km*.

Les postes téléphoniques, exclusivement magnétiques, sont montés en série sur un seul conducteur constitué d'un fil de fer de 3 *mm* de diamètre.

La figure 12, Pl. 88 donne le schéma de montage d'un poste

intermédiaire auquel aboutissent les deux lignes de droite et de gauche. Le poste intermédiaire se compose d'un téléphone transmetteur, de deux téléphones récepteurs, et d'un appel mixte, c'est-à-dire d'un appel phonique et d'un appel par sonnerie magnétique. Ces deux sortes d'appel se font en imprimant un mouvement de rotation rapide, à l'aide d'une manivelle, à une petite machine magnéto dont le courant réagit sur une sonnerie polarisée, située dans le poste correspondant, lorsqu'on appuie sur un bouton. Si, au contraire, on imprime le mouvement de rotation à la magnéto en pressant sur un autre bouton, comme on fait tourner en même temps une roue à interruptions, on provoque dans le récepteur du poste correspondant une série de vibrations qui sont amplifiées par un cornet.

Le poste intermédiaire, auquel aboutissent les deux lignes, susdites, est également muni de deux annonciateurs à sonnerie de pile ordinaire. Ces annonciateurs sont disposés de telle sorte que le poste intermédiaire ayant mis en communication les deux postes qui aboutissent à son appareil puisse écouter la conversation qu'ils échangent, en mettant ses récepteurs en dérivation.

Tous les appareils d'un poste sont enfermés dans un coffre transportable.

Dans certaines gares non pourvues de logement, il existe non seulement un poste à la gare, mais aussi au domicile du chef de gare.

Enfin, outre les postes téléphoniques installés à demeure dans les stations, tous les trains portent dans leur fourgon un appareil téléphonique mobile permettant, en cas de détresse, d'établir une communication entre les deux postes voisins, en moins de trois minutes.

Le schéma de la figure 12, Pl. 88 donne la vue de ce poste mobile composé des mêmes appareils qu'un poste terminus. La boite qui contient ces appareils mesure $0{,}22 \times 0{,}17 \times 0{,}19$ et pèse 6,120 *kg*. Les deux récepteurs sont montés sur une courroie agencée pour que l'application puisse être faite aux oreilles sans qu'on ait besoin de se servir de ses mains pour les maintenir. *(Voir fig. 13, Pl. 88.)*

Les dessins de la figure 13, Pl. 88 donnent les vues en élévation, en plan et en coupe de ce poste portatif qui est relié au fil de ligne au moyen d'un conducteur fixé à une perche en bambou démontable, munie d'une pince en cuivre. Cette pince, à laquelle est attaché le fil, sert à le suspendre au conducteur aérien. La

terre est prise au rail par une pince en cuivre ou en enfonçant dans le sol une fiche métallique.

Avec le poste de secours, on peut envoyer un courant d'induction qui actionne la sonnerie magnétique des postes voisins. Ce poste de secours ne peut lui-même recevoir que des appels phoniques.

Le telephone est employé sur le réseau meusien des chemins de fer à la transmission des dépêches intéressant la circulation et la sécurité des trains.

Les dépêches de cette nature sont inscrites sur un carnet et télégraphiées par répétition. Il n'est pas tenu note des autres dépêches de service ou des avis de départ des trains qui sont donnés de gare en gare.

L'appel phonique adopté pour certains postes de ces petites lignes de la Meuse serait, croyons-nous, insuffisant dans la plupart des applications du même système qui pourraient être faites sur des lignes de chemins de fer, car il faut prêter une oreille attentive pour percevoir le bruit produit par les vibrations du téléphone récepteur, malgré le renforcement dû au cornet placé sur le telephone.

DEUXIÈME PARTIE

ÉTUDE TECHNIQUE DES APPAREILS

Par M. Edmond BERNHEIM

Dans la première partie de cette communication, M. G. Dumont, Ingénieur, chef des Services techniques de la Compagnie des chemins de fer de l'Est, a parlé de l'emploi des téléphones dans les chemins de fer ; nous allons maintenant donner quelques détails sur les postes employés et sur les différents accessoires destinés à les compléter.

Les appareils téléphoniques employés dans les Chemins de fer sont de deux sortes : les appareils microphoniques et les appareils magnétiques.

Les appareils magnétiques sont peu employés, étant donné qu'ils ne peuvent pas être utilisés sur les lignes d'une certaine étendue ; nous n'en dirons donc que quelques mots à la fin de cette communication.

Les appareils microphoniques, au contraire, sont très employés et, parmi eux, celui dont l'usage est le plus courant, est le transmetteur Ader. Nous donnerons donc une description très complète du transmetteur Ader, et nous passerons rapidement en revue les autres types de transmetteurs, car les principes sur lesquels repose leur construction sont les mêmes et ils n'en diffèrent que par des détails.

En téléphonie comme en télégraphie on emploie, pour relier deux postes, des *lignes directes* et des *lignes omnibus*.

Les premières ont pour but de relier deux postes, sans intermédiaire entre eux ; les autres de relier un certain nombre de postes par la même ligne ou des lignes différentes de leur permettre de communiquer à volonté l'un avec l'autre et, au besoin, de mettre ces postes en communication directe l'un avec l'autre.

Ligne directe. — Lorsque deux postes sont reliés par une ..e téléphonique directe, il faut à chaque poste établir un poste . ple. Comme nous l'avons dit plus haut, nous prendrons .me type de poste simple, le transmetteur Ader.

.. Transmetteur Ader comprend trois circuits bien distincts :

1° Le circuit microphonique ou circuit inducteur ;
2° Le circuit de transmission ou circuit induit ;
3° Le circuit d'appel.

Avant de parler de ces trois circuits, nous donnerons quelques ..cations sur les organes principaux qui les constituent et qui ..t :

Le microphone Ader proprement dit ;
La bobine d'induction ;
Le récepteur Ader ;
Et accessoirement, la sonnerie d'appel.

Microphone Ader (fig. 15). — Il se compose d'une planchette en .. a fixée sur un pupitre en bois et inclinée d'environ 10° sur ..rizon ; sur la face interne de cette planchette, sont fixées ..s un plan vertical trois réglettes de charbon de cornue, .., D, comprenant entre elles dix crayons horizontaux égale..ent en charbon de cornue A, et groupés en deux séries de cinq. .es réglettes et les crayons ne sont pas assemblés d'une manière ..de ; ils jouent les uns dans les autres et constituent ainsi une ..e de contacts imparfaits. On conçoit que si on ferme le cir.. d'une pile à travers ce microphone et si on vient à faire vi.. la planchette, on modifiera les contacts et, par suite, la ..stance électrique du microphone ; par conséquent, le circuit ..trouvera traversé par des courants d'intensité variable.

Bobine d'induction. — Elle se compose d'une bobine en buis .. le noyau est formé par un faisceau de fils de fer doux, et ..laquelle sont enroulés deux fils, l'un assez court et peu résis.. .., qu'on désigne sous le nom de gros fil ou fil inducteur. ..re très long et très résistant qu'on désigne sous le nom de ..a ou fil induit.

..e gros fil est placé dans le circuit fermé par la pile et le mi.. ..bone Ader. Chaque fois que le courant traversant le circuit ..s nous avons parlé à propos du microphone change d'inten.., le gros fil se trouve parcouru par des courants tantôt crois-

sants tantôt décroissants ; par suite des phénomènes de l'induction, le fil fin sera parcouru par des courants beaucoup plus courts, mais aussi beaucoup plus puissants que les premiers.

Récepteurs Ader. (Description du récepteur Ader n° 3, le plus communément employé.) — Le récepteur Ader n° 3 se compose d'un électro-aimant à deux bobines, dont les noyaux sont fortement aimantés. L'armature est formée d'une plaque de fer doux. Si le fil de l'électro est parcouru par des courants variables, le champ magnétique des noyaux va se trouver modifié et, par suite, le degré d'attraction de l'armature, ce qui donnera lieu à des attractions et des répulsions, c'est-à-dire à des vibrations de cette armature. Si les courants variables correspondent aux vibrations du son, l'armature reproduira les mêmes vibrations.

Sonneries d'appel. — Elle est pareille aux sonneries d'appartement que tout le monde connaît, avec cette différence que les bobines ont une certaine résistance, variable selon la longueur de la ligne et le groupement des appareils.

Disposition de l'appareil (fig. 15)(1). — L'appareil comporte : un microphone Ader, une bobine d'induction, deux récepteurs Ader.

Ces organes sont montés dans une boîte qui est disposée de manière à constituer les trois circuits distincts dont nous avons parlé plus haut. L'appareil porte en outre huit bornes : les deux bornes L dites de ligne, que l'on vient relier aux deux fils de ligne ; les deux bornes S, dites de sonnerie, que l'on relie aux fils allant à la sonnerie d'appel ; les deux bornes PT de pile microphone reliées à la pile microphone ; enfin, les bornes PS reliées à la pile d'appel.

Circuit microphonique. — Il comprend la pile microphone, le microphone et le gros fil de la bobine d'induction. Au repos, ce circuit est coupé, ce n'est qu'au moment de la transmission qu'il se ferme ainsi que nous le verrons plus loin.

Circuit de transmission. — De même que le précédent, ce circuit n'est fermé que pendant la durée de la transmission ; il part d'une des bornes de ligne, traverse le fil fin de la bobine d'induction,

(1) A bouton d'appel. — B bobine d'induction. — C commutateur automatique. — M microphone. — R récepteurs. — P paratonnerre. — L bornes de ligne. — S bornes de sonnerie. — PT Bornes de pile microphone. — PS bornes de pile d'appel.

... deux récepteurs, et va rejoindre ensuite la seconde borne de ...ne. On conçoit que si, par les bornes de ligne arrivent des ...rants vibratoires, et si le circuit de transmission est fermé; ... courants se trouveront reproduits par l'armature des récep... Si, au contraire, le fil fin de la bobine d'induction se ...ve parcouru par des courants de cette nature (engendrés ...-mêmes par le circuit microphonique), les fils de ligne se... également parcourus par ces courants vibratoires.

Circuit d'appel. — Ce circuit n'est fermé qu'à l'état de repos de ...parcil. Il part de l'une des bornes de ligne et se rend de là à ...e d'un petit commutateur, appelé *bouton d'appel*, qui est ...logue a un bouton de sonnerie : au repos, ce commutateur se ...ve en communication avec un contact qui ferme le circuit à ...avers la sonnerie d'appel et la seconde borne de ligne. On voit ... dans cette position, s'il arrive un courant par la ligne, ce ...rant traversera la sonnerie et la fera résonner, ce qui pro...ra l'appel. Si, au contraire, on vient à appuyer sur le bouton ...ppel, le circuit se ferme de la manière suivante : une borne de ...ne, l'axe du bouton d'appel, le contact inférieur du même bou..., la pile d'appel et la seconde borne de ligne. Donc tout le ...mps qu'on maintiendra le bouton d'appel abaissé, on fermera la ... d'appel à travers la ligne.

Commutateur automatique. — Il faut maintenant montrer quel a ...é le moyen employé pour fermer les circuits microphonique et ... transmission et couper le circuit d'appel au moment où on ...sse de la position d'appel à la position de transmission. On a, à ... effet, utilisé le *commutateur automatique*. Il se compose d'un le... métallique divisé en deux parties par une lame isolante I ; il ... terminé a l'une de ses extrémités par un crochet sortant de la ... du téléphone et auquel on vient au repos accrocher un des ...écepteurs, ce qui a pour effet de faire basculer le levier ; si on ...crache le récepteur, le levier est déplacé en sens inverse par ... ressort antagoniste.

L'axe du commutateur est relié en permanence à l'une des ...nes de ligne ; la partie antérieure du levier, qui est en com...unication constante avec l'axe, vient dans sa position de repos ...er contre un contact qui vient compléter le circuit d'appel ; ... contraire, si on décroche le récepteur, le commutateur se ...ve, vient buter contre un autre contact et fermer ainsi le ...uit de transmission. En même temps, la partie du levier

isolée par la lame isolante I vient buter contre deux paillettes, dont l'une est reliée à l'une des bornes de la pile microphone, l'autre à l'une des extrémités du gros fil de la bobine d'induction. Ces deux paillettes se trouvant en contact viennent ainsi, par l'intermédiaire du commutateur automatique, fermer le circuit microphonique.

Lignes au simple fil. — On peut, au lieu de relier les deux bornes de ligne chacune à un fil de ligne, n'employer qu'un seul fil de ligne et relier la seconde borne à la terre, de manière à faire le retour commun par la terre comme dans les lignes télégraphiques.

Pourtant, dans ce cas, on a à vaincre une difficulté qu'on ne rencontre pas en télégraphie : ce sont les perturbations apportées au courant de ligne par suite des effets d'induction des fils voisins. En télégraphie, ces effets sont négligeables, la durée des courants induits n'étant jamais assez longue pour agir sur les appareils télégraphiques ; en téléphonie, au contraire, où on ne transmet que des courants induits, le passage dans le voisinage de la ligne du plus petit courant, courant de lumière, courant télégraphique ou simplement courant d'une autre ligne téléphonique, est absolument nuisible à la bonne transmission.

On est donc conduit, dans la plupart des cas, à employer des lignes au double fil, car alors les courants induits prenant naissance dans chacun des fils sont égaux et de sens contraire, et par conséquent se détruisent l'un l'autre. Dans la première partie de cette communication, M. Dumont a montré quelles étaient les dispositions adoptées pour obtenir l'égalité des deux courants de sens contraire.

D'ailleurs, même au cas où on n'aurait pas à craindre le voisinage d'autres conducteurs électriques, l'induction tellurique, pour des lignes d'une certaine étendue, serait suffisante pour troubler la transmission.

Installation d'un transmetteur Ader (*fig. 47*).

Le poste s'installe de la façon suivante :

1° L'appareil est fixé au mur par trois vis passant dans les champignons en caoutchouc disposés sur l'appareil.

Si le local est humide, il faut interposer entre les murs et l'appareil une planchette en bois ;

2° La pile est enfermée dans une boîte qui doit être placée dans un endroit sec, à l'abri de la chaleur et de l'humidité et à portée des appareils ;

3° La sonnerie est placée dans un endroit quelconque du local, en tenant compte cependant de celui le plus commode pour en entendre le son.

La ligne, la sonnerie et la pile sont reliées à l'appareil par des fils de cuivre recouverts de gutta et coton communément appelés fils de sonnerie.

Les deux bornes de la sonnerie sont reliées directement aux deux bornes marquées S de l'appareil.

Ces deux bornes se trouvent à droite et en haut de l'appareil.

La pile est reliée à l'appareil de la façon suivante :

L'appareil possède quatre bornes à la partie inférieure ; la première à gauche se relie au premier zinc de la pile ; la deuxième se relie au troisième charbon de la pile de façon à ce que, entre ces deux bornes de l'appareil, se trouve intercalée une pile de trois éléments. On relie par un petit fil de cuivre sous gutta-coton la première borne a la troisième et on relie la quatrième au dernier charbon de la pile. De cette façon, entre la première et la quatrième borne se trouve toute la pile, de même qu'entre la troisième et la quatrième.

Il faut toujours entre la première et la deuxième borne mettre trois éléments, ni plus, ni moins. Ces deux bornes correspondent en effet aux extrémités du circuit microphonique, qui est un circuit local et qui, par suite, nécessite un nombre d'éléments ne variant pas avec la résistance de la ligne.

La pile totale comprend un nombre d'éléments variable avec la résistance du circuit extérieur et avec la distance ; on compte en général trois éléments pour 30 ohms de résistance.

Les deux bornes supérieures de gauche sont destinées à relier l'appareil avec le circuit extérieur.

Si on a une ligne au double fil, chacun de ces fils vient aboutir à l'une de ces bornes indifféremment.

Si le circuit extérieur n'a qu'un fil, on relie ce fil à la première borne de gauche, la deuxième est reliée au fil de terre.

Prise de terre. — Lorsque les appareils sont mis en relation les uns avec les autres, au moyen d'une ligne au simple fil, le circuit se complète en mettant chaque appareil en communication avec la terre, qui fait alors office de fil de retour.

D'autre part, on préserve généralement les appareils téléphoniques reliés entre eux par des lignes aériennes, contre le danger d'un coup de foudre, à l'aide de paratonnerre (voir plus loin la description des paratonnerres les plus employés). Ces paratonnerres, lorsqu'ils sont frappés par la foudre, sont disposés de telle sorte qu'à ce moment la décharge, au lieu de traverser les appareils, va directement à la terre. Les paratonnerres doivent donc être tous reliés à la terre.

Dans un cas comme dans l'autre, la terre doit être prise avec beaucoup de soin, car si elle ne l'était pas, avec les lignes au simple fil, la communication serait mauvaise, et, dans le cas d'emploi de paratonnerres, la protection serait inefficace et même dangereuse.

Dans les endroits où se trouvent des conduites d'eau ou de gaz en plomb, on se sert de ces conduites pour prendre terre *(fig. 18)*. Dans ce cas, le fil conducteur venant, soit de l'appareil (ligne au simple fil), soit du paratonnerre (lignes aériennes), est généralement un petit câble composé de trois fils de cuivre nu tressés ensemble.

On enroule plusieurs fois ce conducteur autour de la conduite d'eau ou de gaz après avoir eu soin de décaper cette conduite à l'endroit où vient s'enrouler le petit câble.

Lorsque le fil de terre est ainsi enroulé, on le fixe solidement sur la conduite à l'aide de soudure d'étain. Il faut avoir soin de bien serrer les spires d'enroulement sur une longueur de conduite d'environ 10 *cm*. Si on veut souder sur une conduite d'eau, il faut avoir soin de la vider, sans quoi la soudure devient impossible. Si on ne peut pas la vider, on remplace la soudure par un fort serrage du fil autour de la conduite.

Si on a à sa disposition une conduite d'eau et une conduite de gaz, il y a intérêt à prendre deux terres, l'une sur l'eau, l'autre sur le gaz *(fig. 19)*.

Si on n'a à sa disposition qu'une conduite d'eau en fer, on desserre un boulon de la conduite, on la nettoie sérieusement et on vient y insérer l'extrémité du fil de terre. On resserre ensuite fortement le boulon.

Si on se trouve dans un endroit où il n'y a ni conduite d'eau, ni conduite de gaz, on opère ainsi :

1° Si on est à proximité d'un cours d'eau, on vient y plonger l'extrémité du fil de terre, en laissant au fond de l'eau une longueur d'environ 2 ou 3 *m* de fil. Mais il est nécessaire que la par-

... immergée se trouve toujours dans l'eau, quelle que soit la ... eur des eaux du cours d'eau *(fig. 20)*.

2° Si on n'a pas de cours d'eau, on creuse un puits, et si on ... contre une couche de terre humide, on y place une plaque de ... re rouge d'environ 1 *m* de long sur 50 *cm* de large et 1 ou ... mm d'épaisseur. On soude l'extrémité du fil de terre après la ... que et on comble le puits autant que possible avec de la terre ... mide *(fig. 21)*.

3 Enfin si l'on n'a pas de terrain humide à sa disposition, on ... nfonce en terre une barre de fer appointie d'environ 1,50 *m* de ... gueur sur 6 à 10 *cm²* de section. Si la barre de fer est ronde, un ... ametre de 3 *cm* est suffisant. Si elle est carrée, elle doit avoir ... cm de côté. On enroule le fil de terre autour de cette barre et on ... soude après avoir, au préalable, étamé la partie de la barre qui ... t recevoir la soudure. Il est bon de temps en temps d'arroser ... droit où cette barre est enfoncée *(fig. 22)*.

En résumé, on ne saurait prendre trop de précautions pour ... surer le contact intime du fil de terre avec le sol.

Il faut avoir soin également de bien fixer ce fil, de manière à ... pas risquer sa rupture. Généralement, on le fait descendre le ... d'un mur où il est fixé à l'aide de crochets à gaz.

Paratonnerres. — Nous avons vu plus haut que, dans les ... aériennes, il était indispensable de protéger les appareils ... tre les coups de foudre qui peuvent tomber en un point quel... que de la ligne, la suivre et venir traverser, en y détruisant ... appareils, le poste téléphonique.

Il existe de nombreux modèles de paratonnerres qui peuvent ... leurs tous se ramener à trois types principaux, savoir :

1° Les paratonnerres à pointes ;
2° Les paratonnerres à fil fin ;
3° Les paratonnerres a papier.

Paratonnerres à pointes. — Le principe de ces paratonnerres est ... pouvoir des pointes, phénomène bien connu en électricité sta... e. La ligne, avant de se rendre dans l'appareil, traverse une ... que dont l'une des faces est munie de pointes ; vis-à-vis de ces ... s'en trouvent d'autres, reliées à une seconde plaque qui, ... même, est en communication avec la terre.

En temps ordinaire, les courants traversant la ligne sont à un ... ntuel trop faible pour être influencés par le voisinage des

pointes en communication avec la terre; au contraire, au cas du passage d'une décharge atmosphérique, le potentiel croît subitement en passant dans la plaque munie de pointes, la ligne se décharge par une série d'étincelles sur les pointes placées en regard, en sorte que les appareils se trouvent préservés.

Le paratonnerre de ce type le plus employé est le paratonnerre Bertsch, dont on construit deux types, l'un renfermé dans une boîte en bois, pour être placé à l'intérieur des constructions; l'autre, absolument étanche, destiné à l'extérieur *(fig. 23)*.

Paratonnerres à fil fin. — Le paratonnerre à fil fin comprend un fil de cuivre couvert de soie que le courant de ligne doit traverser avant de se rendre aux appareils. Si un courant trop intense arrive par le fil fin de ligne, le fil fin fond et coupe toute communication avec les appareils. Un commutateur à manette permet, d'ailleurs, à l'approche d'un orage, de mettre directement les fils de ligne à la terre, le fil fin ne servant ainsi qu'en cas d'orage imprévu.

Nous représentons figure 24 un paratonnerre à fil fin et commutateur de mise à la terre. Nous citerons encore parmi ces appareils les paratonnerres à lames et à fil fin préservateur, qui se construisent pour un nombre de directions quelconque.

Paratonnerres à papier. — Le principe de ces paratonnerres est le même que celui des condensateurs d'électricité. Ils se composent d'une plaque métallique que le courant de ligne traverse: cette plaque se trouve vis-à-vis d'une seconde plaque reliée à la terre et n'en est séparée que par une feuille de papier paraffiné.

En temps ordinaire, le courant passe normalement dans les appareils; mais si le courant est tel que le condensateur est chargé au delà de ce que permet sa capacité, une décharge se produit entre les deux plaques, brûle le papier et établit la communication de la ligne avec la terre *(fig. 25)*.

On construit également des paratonnerres à lame d'air.

Ce sont des paratonnerres à papier dans lesquels on a perforé la feuille de papier; ce qui en reste sert simplement à maintenir l'écartement des deux plaques. On constitue ainsi un véritable condensateur à lame d'air, qui se décharge brusquement au passage d'un courant trop puissant.

Comme nous l'avons dit, il existe de nombreux types de paratonnerres, se rapprochant plus ou moins des types décrits, ou encore formés du groupement de plusieurs de ces types entre

eux. Nous citerons notamment le type de paratonnerre adopté par la Compagnie du Chemin de fer de Paris à Orléans, et qui est à pointes, a fil fin préservateur, à papier et à commutateur de mise à la terre *(fig. 26)*.

Transmetteurs autres que le transmetteur Ader.

Il existe un grand nombre de différents types de transmetteurs; mais les seuls que l'on emploie un peu couramment dans les chemins de fer sont les transmetteurs Ader, Breguet et Berthon.

Nous venons de parler du transmetteur Ader; nous dirons quelques mots des deux autres.

Le montage des différents éléments entre eux est le même que dans le transmetteur Ader, précédemment décrit; les seules modifications résident dans le microphone.

Le microphone du *transmetteur Breguet* se compose d'une planchette en sapin, sous laquelle sont fixés des charbons cylindriques montés entre trois blocs de charbon, comme l'indique la figure 27. Les communications sont les mêmes que dans le transmetteur Ader.

Le *microphone Berthon* est basé sur un principe tout différent: il se compose de deux plaques circulaires en charbon, entre lesquelles se trouvent des petites billes de charbon; les bornes de la pile microphone communiquent avec les plaques de charbon et le circuit se ferme à travers les billes. On obtient ainsi une série de contacts dont la perfection est variable et qui, par suite, laissent passer le courant avec plus ou moins d'intensité *(fig. 28)*.

Ce microphone est monté dans un boîtier en ébonite. Un grand avantage de ce modèle est qu'il se monte très facilement sur une poignée portant également un récepteur Ader. Cette poignée se tient de la main gauche, et on peut, tout en suivant la conversation, prendre des notes avec la main droite *(fig. 29)*.

Outre le type de transmetteur Ader mural que nous avons décrit plus haut, il existe un type pouvant se placer sur une table et dont les connexions se font au moyen d'un cordon souple à sept conducteurs *(fig. 30 et 31)* (1).

(1) A boutons d'appel. — B bobine d'induction. — C commutateur automatique. — M microphone. — R récepteurs. — L bornes de ligne. — S bornes de sonnerie. — PT bornes de pile microphone. — PS bornes de piles d'appel.

Il existe également de ce type des transmetteurs Breguet et Berthon *(fig. 32 et 33)* (1).

Lignes omnibus.

Il existe en téléphonie deux sortes de lignes omnibus :

I. — Les réseaux téléphoniques dont toutes les lignes aboutissent à un même poste central :

a) Pouvant donner des communications directes entre les divers postes reliés;

b) Ne pouvant pas donner de communications directes.

II. — Les réseaux téléphoniques dont tous les postes se trouvent situés le long d'une même ligne et où :

a) Chaque poste peut communiquer seulement avec ses deux voisins;

b) Chaque poste peut mettre en communication ses deux voisins, et, par suite, en répétant cette manœuvre de proche en proche, deux postes quelconques peuvent communiquer entre eux.

c) Chaque poste peut appeler directement l'un quelconque des autres de la ligne.

I. — Réseaux téléphoniques dont toutes les lignes aboutissent à un même poste central.

a. — Le poste central peut donner des communications directes.

Il faut distinguer deux sortes de postes : les postes simples et le poste central.

Postes simples. — Ils sont en tout analogues à ceux dont nous avons parlé plus haut et dont le type est le transmetteur Ader. Ils peuvent, grâce au poste central, communiquer soit avec ce poste, soit avec l'un des autres postes simples qui y sont reliés ; mais d'eux-mêmes, ils ne peuvent se mettre en communication qu'avec le poste central.

Poste central. — Le poste central est relié à un certain nombre

(1) A bouton d'appel. — B bobine d'induction. — C commutateur automatique. — M microphone. — R récepteurs. — L bornes de ligne. — S bornes de sonnerie. — PT bornes de pile microphone. — PS bornes de pile d'appel. — *r* bornes des récepteurs. — *m* bornes du microphone.

de postes simples, avec lesquels il doit pouvoir se mettre en communication.

Il doit de plus pouvoir mettre en communication entre eux deux des postes simples auxquels il est relié.

En outre du transmetteur analogue à ceux décrits plus haut, le poste central comprend :

1° Des indicateurs d'appel ;
2° Des commutateurs.

1° **Indicateurs d'appel.** — Ils ont pour but de faire connaître au poste central quel est le poste simple désirant lui parler ou demandant à être mis en communication avec un autre poste simple.

Les principaux dispositifs, indicateurs d'appel, sont : la convention de sonnerie, les sonneries spéciales, les annonciateurs.

Convention de sonnerie. — Elle consiste en une sonnerie unique placée au poste central ; chaque poste appelle d'une façon particulière : par exemple, l'un par un appel bref, le second par un appel prolongé, le troisième par deux appels brefs, etc...

Sonneries spéciales. — Un autre procédé consiste en une sonnerie spéciale affectée à chaque poste simple.

Annonciateurs (fig. 34.) — C'est le plus employé de tous les dispositifs indicateurs d'appel, car c'est celui dont l'usage est le plus sûr et le plus commode. L'annonciateur se compose d'un électro-aimant A, fixé à l'intérieur d'une boîte. Sur la face antérieure de cette boîte, se trouve placé un volet P, mobile autour d'une charnière placée à sa base, et maintenu appliqué contre la boîte par un crochet terminant l'armature de l'électro. Si on vient à faire passer un courant dans l'électro, l'armature se trouve attirée et le crochet abandonne le volet qui tombe, laissant à découvert un numéro *(fig. 34)*.

En tombant l'annonciateur peut faire résonner une sonnerie qui, selon le cas, peut être intermittente ou continue.

La sonnerie est intermittente, lorsqu'elle ne résonne que quand le poste simple appuie sur son bouton d'appel ; dans ce cas c'est l'armature même de l'annonciateur qui vient fermer un circuit local comprenant une sonnerie et une pile, en butant contre un contact.

La sonnerie est continue, si elle résonne tout le temps que l'an-

nonciateur est tombé; dans ce cas, qui est celui de la figure, c'est le volet de l'annonciateur qui ferme le circuit local, en butant contre un contact C fixé sur la boîte de l'annonciateur.

Enfin, on emploie fréquemment le commutateur I. O. C qui est un petit commutateur à manette et à trois plots; si ce commutateur se trouve sur le plot I, la sonnerie est intermittente; s'il est sur le plot O, la sonnerie ne résonne pas du tout et l'attention de l'employé n'est attirée que par la vue de l'annonciateur dont le volet est tombé; enfin si le commutateur se trouve sur le plot C la sonnerie est continue.

Une vis de réglage replacée sur la boîte de l'annonciateur permet de modifier la tension du ressort antagoniste de l'armature de l'électro-aimant A et, par suite, de faire varier le courant minimum nécessaire pour faire tomber le volet.

2° Commutateurs. — Les commutateurs ont pour but de permettre au poste central de se mettre en communication avec un poste simple quelconque, ou de mettre en communication entre eux deux postes simples.

Ils doivent en outre être disposés en sorte que le poste central puisse, à un moment quelconque, reconnaître si les deux postes simples reliés peuvent avertir le poste central de la fin de leur conversation.

En effet, dans les lignes télégraphiques où un poste intermédiaire a à mettre en communication deux autres postes, le galvanomètre du poste intermédiaire continue à dévier tant que les postes simples communiquent, et le poste intermédiaire se trouve ainsi averti qu'il ne doit pas rompre la communication. Les courants téléphoniques, au contraire, sont de beaucoup trop faible durée pour agir sur un galvanomètre, et il faut un dispositif de fin de conversation spécial.

Les commutateurs employés en télégraphie sont:

Les commutateurs usités en télégraphie;
Les commutateurs jack-knives;
Les commutateurs à leviers.

Commutateurs usités en télégraphie. — Ce sont les commutateurs à manette et à plots, les commutateurs suisses et les commutateurs bavarois.

Tous ces commutateurs sont connus et ne demandent pas de description spéciale.

Les commutateurs à plots ne sont employés que dans quelques cas particuliers, car ils ne permettent généralement pas de monter facilement les indicateurs d'appel, ce qui permet bien au poste central d'appeler les postes simples, mais empêche les postes simples d'appeler le poste central *(fig. 35)*.

Les commutateurs suisse et bavarois, très employés au début de la téléphonie, sont aujourd'hui complètement abandonnés par suite de l'invention de commutateurs plus parfaits, et en raison de la complication de leur manœuvre et de leur prix de revient assez élevé.

Commutateurs jack-knives. — Nous décrirons d'abord les commutateurs jack-knives employés dans les lignes au simple fil, et nous dirons ensuite quelques mots de ceux employés dans les lignes au double fil.

Le commutateur jack-knife simple fil se compose simplement d'une plaque métallique P, percée de deux trous 1 et 2 *(fig. 36)*. Chacune des lignes L reliées au poste central communique avec une telle plaque. Le commutateur est complété par des cordons à un conducteur C, recouverts de soie tressée et munis à chacune de leurs extrémités d'une fiche métallique F *(fig. 37)*.

En outre, la borne de ligne du transmetteur du poste central, ou, dans le cas d'une installation de ligne directe, serait reliée au fil de ligne, se trouve reliée à un cordon sous soie muni d'une fiche F1 *(fig. 38)*.

On comprend que, si on vient à enfoncer cette fiche dans l'un des trous d'un jack-knife, on établit la communication entre le poste central et le poste simple correspondant au jack-knife où on a placé la fiche; si, au contraire, on vient à enfoncer les deux fiches d'un cordon à deux fiches dans deux jack-knives différents, on relie électriquement les deux postes correspondants.

On voit que, quand on a ainsi mis deux postes en communication, il reste à chaque jack-knife un trou disponible; le poste central peut, en mettant sa fiche dans ce trou, se placer en dérivation sur la ligne et écouter si les deux postes parlent encore entre eux. En outre, un dispositif spécial permet de laisser en permanence un annonciateur en dérivation sur la ligne reliant les deux postes simples, qui peuvent l'un ou l'autre faire tomber le volet de cet annonciateur, en envoyant dans la ligne le courant d'appel; et, de cette manière, on sera averti de la fin de la conversation.

A cet effet, au-dessus de la plaque métallique P de chaque jack-knife, se trouve un contact C, relié à l'annonciateur correspondant A et isolé de la plaque P. Une lame de ressort R est en communication avec la plaque P et le contact C, en sorte qu'elle vient fermer le circuit de ligne à travers l'annonciateur. Si on enfonce la fiche du cordon dans le trou de gauche 1 du jack-knife, rien n'est changé aux connexions et l'annonciateur reste en dérivation sur la ligne; si, au contraire, on vient l'enfoncer dans le trou 2. une pièce isolante B repousse la lame de ressort et rompt son contact avec l'annonciateur A. L'annonciateur est donc ainsi mis hors circuit.

Donc, quand un poste intermédiaire met en communication deux postes simples, il lui suffit d'enfoncer une des fiches dans le trou de droite du premier jack-knife; l'autre, dans le trou de gauche de l'autre; l'annonciateur correspondant au jack où le trou de gauche est occupé reste en déviation, et son volet tombe si l'un des postes simples, appuyant sur le bouton d'appel, envoie un courant assez énergique dans la ligne.

Le commutateur jack-knife double fil est absolument analogue à celui au simple fil, avec cette différence qu'au lieu d'une plaque percée de deux trous, il y en a deux, fixées l'une sur l'autre et séparées par une matière isolante; chaque plaque est reliée à l'un des fils de ligne du poste correspondant; la fiche est elle-même formée de deux parties concentriques, isolées entre elles, qui, quand on vient enfoncer la fiche dans le jack, viennent chacune en contact avec l'une des plaques, c'est-à-dire avec l'un des fils de ligne *(fig. 41 à 44)*.

Comme précédemment, l'une des plaques est munie d'une lame de ressort, permettant de laisser un annonciateur en dérivation.

Le type de commutateur jack-knife que nous venons de décrire est le plus communément employé; il existe outre cela d'autres types, tels que les commutateurs jack-knives système Bailleux : les commutateurs Sieur, les commutateurs de multiple, etc., que nous citons pour mémoire.

Ces commutateurs ne sont pas forcément à deux trous, mais ils sont toujours disposés pour permettre d'intercaler un annonciateur de fin de conversation.

Commutateurs à leviers (fig. 45). — Deux lames de ressort R1, R2 sont reliées chacune à l'un des fils de ligne allant au poste simple; au repos, chaque lame bute contre un contact relié à l'annoncia-

...r correspondant A, ce qui permet au poste simple considéré ...peler; si, au contraire, on vient à abaisser un levier fixé sur ... te contenant les deux lames de ressort, ces dernières, soli... de son mouvement (grâce à des pièces isolantes interposées), ...ment buter contre deux contacts reliés aux bornes de ligne de ...areil du poste central, ce qui permet à ce poste de commu...er avec le poste simple.

...ur mettre en communication deux postes simples, il suffit ...sser les leviers correspondant à ces deux postes; le poste ...tral reste en dérivation. Pour que ce dernier soit averti de la ... la conversation, les deux bornes de sonnerie de ce poste ...relices a un annonciateur spécial F, qui tombera si l'un des ...s simples reliés vient à envoyer un courant assez puissant ... la ligne.

Les commutateurs à leviers permettent de faire de nombreuses ...naisons entre divers postes reliés, telles, par exemple, avec ...ul levier, de relier deux postes simples avec le poste central. ...ur ces combinaisons, on augmente naturellement le nombre ...lames ou de contacts des commutateurs. On se sert également ... commutateurs à leviers dans les commutateurs multiples, ...lement d'un usage si répandu.

...nconvénient des commutateurs à leviers est qu'on ne peu... ...ralement pas donner plus d'une communication à la fois par ...même tableau, car tous les contacts inférieurs des lames de ... ...rt sont en communication, en sorte que si on abaissait plus ... ...x leviers, tous les postes correspondants seraient en com...at.on. Généralement, quand on veut pouvoir donner plu... ... communications, on établit plusieurs séries de leviers cor...ndant chacune à un circuit distinct.

M. Pinel, contrôleur du service télégraphique des Chemins de ... P.-L.-M., a inventé récemment un système de tableaux ... ...rs a positions multiples, appelé à rendre les plus grands ... ... Chaque levier peut prendre un certain nombre de posi... différentes.

Dans le type à quatre positions, si les leviers sont dans leur pre... position, les annonciateurs se trouvent en communication ... lignes correspondantes, en sorte que, si un poste vient à ..., son annonciateur tombe; la seconde position permet au ...al de se mettre en communication avec l'un quelconque des ... simples; si on place deux leviers dans la troisième position, ...t les deux postes correspondants en communication et on

laisse un annonciateur en dérivation; enfin, la quatrième position permet de mettre en même temps deux autres postes en communication et de laisser également un annonciateur en dérivation.

RÉSEAUX TÉLÉPHONIQUES COMPRENANT PLUSIEURS POSTES CENTRAUX. — On peut, en groupant ensemble un certain nombre de réseaux téléphoniques à poste central, obtenir des combinaisons facilitant notablement la mise en communication.

Supposons, par exemple, qu'on ait à relier entre eux six postes A, B, C, D, E, F (*fig. 46*).

On place à chaque poste un poste central à cinq directions permettant à ce poste d'appeler chacun des cinq autres.

On peut ainsi, sans déranger personne, se mettre soi-même en communication avec le poste qu'on désire.

Il peut également arriver que chaque poste n'ait pas besoin de communiquer avec chacun des autres. C'est le cas de l'installation représentée figure 47. Il y a sept postes à desservir, A, B, C, D, E, F, G. Le poste A est à six directions et communique avec chacun des autres postes.

Le poste B n'est qu'à cinq directions; il ne peut communiquer avec G que par l'intermédiaire de A.

E et C sont chacun à trois directions; ils peuvent communiquer entre eux et avec A et B.

D et F sont chacun à deux directions; ils ne peuvent communiquer qu'avec A ou B.

Enfin le poste G ne peut communiquer qu'avec A.

Ce système est fréquemment employé pour relier entre eux les bureaux d'une même administration, car dans ce cas les frais de construction des lignes ne sont pas très importants à cause de leur faible étendue. Il serait tout à fait impraticable si la longueur des lignes augmentait, car les frais de premier établissement deviendraient immenses s'il fallait relier tous les postes deux à deux.

b. — Le poste central ne peut pas donner de communications directes.

Il peut être très utile, particulièrement dans les chemins de fer, d'empêcher un poste de donner des communications directes. On évite ainsi qu'un agent, chargé de transmettre un ordre, ne se décharge de sa responsabilité en permettant aux deux postes entre lesquels il sert d'intermédiaire de communiquer directement entre eux.

On emploie généralement les mêmes types d'appareils que ceux décrits plus haut, aussi bien aux postes simples qu'au poste central.

Commutateur jack-knife. — La seule modification qu'on ait fait subir à ces appareils consiste dans la suppression des cordons à deux fiches dont est muni le poste central. Ce dernier n'a alors qu'un cordon à une fiche, lui permettant bien de se mettre en communication avec l'un quelconque des postes simples reliés, mais empêchant toute communication directe.

Commutateurs à leviers. — Les figures 48 et 49 montrent différentes combinaisons de ces commutateurs.

La figure 48 montre la disposition d'un poste central à trois directions, ne pouvant pas donner de communications directes.

Si un poste appelle, le courant passe par l'annonciateur, le fait tomber et avertit le poste central. L'employé de ce dernier poste abaisse son levier et se met en communication avec le poste appelant ; supposons que ce poste soit le poste 2. Le poste central abaisse alors le levier et on peut voir, en suivant les communications, que les bornes de ligne du poste central sont directement reliées aux fils de ligne allant au poste 2. Si maintenant le poste central vient à abaisser un autre levier, par exemple le levier 3, il restera toujours en communication avec le poste 2 ; mais il ne mettra pas 2 et 3.

La figure 49 montre la disposition d'un seul levier commandant deux postes.

Le levier étant levé, le poste central se trouve en communication avec le poste 2 ; le levier étant au contraire abaissé, le poste central se trouve en communication avec le poste 1. De plus, une sonnerie spéciale est affectée à chacun des deux postes reliés, en sorte que le central peut reconnaître quel est celui qui l'appelle ; on pourrait d'ailleurs remplacer les deux sonneries par des annonciateurs et une seule sonnerie fonctionnant en local.

II. — Réseaux téléphoniques dont tous les postes sont situés le long d'une même ligne.

1. — *Chaque poste peut communiquer seulement avec ses voisins.*

Le cas revient à placer en chaque poste un poste central à deux directions ne pouvant pas donner de communications di-

rectes. Les ordres peuvent ainsi être transmis de proche en proche, d'un bout à l'autre de la ligne.

Un dispositif qui est tout indiqué pour ce cas particulier est celui d'un seul levier commandant deux postes.

b. — Chaque poste peut mettre en communication ses deux voisins.

La disposition est encore la même, avec cette différence que le poste central peut en chaque point donner des communications directes.

Le figure 50 représente la disposition d'un poste, constitué de cette manière. C'est un poste central à deux directions avec annonciateurs jack-knives et cordon à deux fiches.

c. — Chaque poste peut appeler directement l'un quelconque des autres de la ligne.

Il existe un assez grand nombre de dispositifs permettant de réaliser cette combinaison.

Nous en décrirons cinq pris parmi les plus employés.

Ce sont :

1° L'appel direct ;
2° Les annonciateurs polarisés ;
3° Le rappel par inversion ;
4° Les relais Ader ;
5° Le rappel omnibus Bréguet.

1° Appel direct.

Considérons trois postes A, B, C placés sur une même ligne et reliés par les fils 1 et 2 *(fig. 51)*.

Au poste B se trouve un relais composé d'un électro-aimant, dont les deux extrémités de l'enroulement sont reliées, l'une *a*, au fil 1 ; l'autre *b*, au fil 2.

Au poste C se trouve également un relais formé d'un électro-aimant. Ce relais n'est pas monté de la même façon que celui du poste B. La bobine porte deux enroulements, *cd* et *ef* ; *cd* est relié en *c* au fil 1, en *d* à la terre ; *ef* est relié, en *e* au fil 2, en *f* à la terre.

Supposons qu'en A se trouve une pile et que nous reliions le pôle positif de cette pile au fil 3, son pôle négatif au fil 1. Le circuit se ferme d'une part par le relais de B, le courant traversant l'enroulement *ba ;* ce courant aimante l'électro et le relais fonctionne en

…sant retentir une sonnerie locale. Au poste C, le courant arrive …, par ourt cet enroulement suivant *ef*, puis le second suivant *dc*: …e le courant entoure deux fois la bobine de l'électro-aimant du …ste C, et les deux fois en sens contraire ; il est donc sans action …le noyau, car les deux effets s'annulent.

…donc on relie chacun des pôles de la pile A à l'un des fils 1 …2, le relais de B fonctionnera seul et A pourra de cette façon …peler B sans déranger C.

…maintenant on relie chacun des fils 1 et 2 au pôle positif de …e en A et le pôle négatif de la même pile à la terre, le courant …ourra chacun des fils 1 et 2 dans le sens A, B, C. Aucun cou…nt ne passera par *ab*, car, pour que le circuit puisse se fermer, …l y interposer une terre. Au contraire, au poste C, le courant …traversera simultanément les deux enroulements suivant *cd* et *ef*, …c'est-à-dire dans le même sens, et s'écoulera ensuite à la terre …*d* et *f*.

Donc, de cette manière, A pourra appeler C sans déranger B.

…on a construit donc une clef double d'appel pour le poste A ; cette …clef permet, soit de relier le fil 1 au zinc et le fil 2 au cuivre et …mettre ainsi ce qu'on est convenu d'appeler un courant d'appel …télégraphique, parce que le circuit se ferme entièrement par les fils …sans traverser la terre, soit de relier les fils 1 et 2 tous les deux …au cuivre et le zinc à la terre ; on émet alors un courant dit d'ap…pel direct.

…Cette clef double est représentée figure 51.

2° Annonciateurs polarisés.

…Ce dispositif est basé sur l'emploi des électro-aimants à armature …polarisée et actionnés, tantôt par un courant positif, tantôt par un …courant négatif.

…Le principe de ces appareils est le suivant :

…Si on considère un électro-aimant A *fig.* 52 et si on envoie un …courant d'un certain sens dans les bobines de cet électro-aimant, …le passage du courant orientera les molécules magnétiques du noyau …et engendrera à l'extrémité des noyaux deux pôles magnétiques …de nom contraire. Soit 1 le pôle austral engendré, 2 le pôle boréal. …Maintenant on vient à faire passer dans les bobines un courant …de sens contraire au premier, le pôle 1 deviendra pôle boréal et …le pôle 2 pôle austral.

…Si devant les pôles de l'électro se trouve une armature de fer

doux et si on fait passer un courant dans les bobines, l'armature sera attirée, quel que soit le sens du courant, c'est-à-dire quelle que soit la nature de l'aimantation de chacun des pôles. Si, au contraire, l'armature est un barreau d'acier aimanté, elle ne sera attirée que tant que ces pôles magnétiques se trouveront en regard de pôles de nom contraire.

Si les pôles de l'armature se trouvent en regard de pôles de meme nom de l'électro-aimant, il n'y aura aucune attraction et tout se passera comme si l'on n'avait pas envoyé de courant dans les bobines.

Les *annonciateurs polarisés* sont des annonciateurs ordinaires, dont l'armature est constituée par un barreau aimanté, au lieu d'une barre de fer doux.

Supposons un poste C *(fig. 53)* comportant un tableau et desservant deux postes montés sur une même ligne A et B. La ligne arrive au tableau du poste C par deux bornes, de là passe dans deux jack-knives croisés, comme l'indique la figure, et enfin se rend à deux annonciateurs polarisés *a* et *b* montés en dérivation et disposés : *a* pour fonctionner par le courant positif, *b* par le courant négatif.

Les sonneries des postes A et B ont leurs armatures également polarisées et fonctionnent : celle de B par le courant positif, celle de A par le courant négatif.

Enfin, les piles d'appel de A et B sont montées également pour émettre, celle de A, un courant positif, celle de B, un courant négatif. On voit donc que si A appelle, l'annonciateur *a* fonctionnera seul ; si c'est B qui appelle, l'annonciateur *b* seul fonctionnera seul. Enfin, le poste C, en plaçant sa fiche dans le jack-knives *ja* ou dans le jack-knives *jb* émettra dans la direction des deux postes A et B des courants de sens contraire et, par suite, seule la sonnerie correspondant au courant émis fonctionnera. On aura ainsi très simplement résolu l'intercommunication des trois postes.

Il existe bien d'autres façons d'utiliser les annonciateurs polarisés ; ils permettent toujours de monter deux postes sur une même ligne. On peut d'ailleurs éviter la disposition des jack-knives croisés en munissant le poste C d'un inverseur de courant.

Inverseur de courant. — C'est un commutateur disposé de manière à permettre, rien que par la manœuvre d'une manette, de changer le sens du courant d'une pile *(fig. 54)*.

Il se compose de deux commutateurs manœuvrés par la même

manette. Les axes des deux commutateurs sont reliés respectivement aux pôles cuivre et zinc de la pile. A la partie supérieure sont deux bornes reliées aux fils de ligne 1 et 2.

Les commutateurs peuvent prendre deux positions différentes; lorsqu'ils se trouvent dans celle représentée en traits pleins, on voit que le zinc de la pile est relié à la borne 1 de la ligne et le cuivre à la borne 2. Si on tourne les commutateurs dans la position pointillée, le zinc de la pile est relié à la borne 2 et le cuivre à la borne 1 ; on a donc ainsi changé le sens du courant émis par la pile.

En intercalant cet appareil entre la pile d'appel et ses bornes au point C, on voit qu'on peut émettre vers A et B un courant, soit positif, soit négatif.

Annonciateurs polarisés système Aulagne.

M. Aulagne, agent de la Société générale des Téléphones, a combiné le système de l'appel direct et celui des annonciateurs polarisés pour grouper entre eux trois postes, leur permettre de s'appeler deux à deux, sans déranger le troisième et faire connaître en même temps au poste appelé quel est celui qui appelle (*fig. 55 et 56*).

Les deux postes extrêmes comportent chacun une clef d'appel direct, et deux annonciateurs polarisés disposés pour fonctionner par l'appel direct, l'un par le courant positif, l'autre par le courant négatif.

Le poste milieu comporte également deux annonciateurs mais montés pour fonctionner par appel métallique, l'un positivement, l'autre négativement. Enfin à ce poste se trouvent deux jack-knives, permettant au poste de se mettre en communication soit avec le poste de droite, soit avec celui de gauche.

Le poste de gauche appelle le poste milieu par un courant métallique positif, et le poste de gauche par un courant d'appel direct positif.

Le poste milieu appelle chacun des postes extrêmes par un courant d'appel direct négatif, mais il a soin auparavant de relier le cordon à une fiche au jack-knife correspondant au poste, qu'il veut appeler.

Enfin, le poste de droite appelle le poste milieu par un courant métallique négatif et le poste de gauche par un courant d'appel direct positif.

On obtient ainsi d'une manière très simple l'intercommunication des trois postes.

M. Aulagne a fait construire des types spéciaux d'annonciateurs pour ces appareils. Nous en donnons ci-joint le croquis *(fig. 56)*.

Les deux annonciateurs composant un même poste sont commandés directement par un noyau commun à deux bobines se déplaçant devant deux armatures fixes.

Ce noyau bascule à droite ou à gauche suivant le sens du courant traversant les bobines, et déclenche ainsi le volet de l'un ou l'autre des deux annonciateurs qu'il commande.

3° **Rappel par inversion**. — Le principe de ce dispositif est le suivant :

Un électro-aimant polarisé en fer à cheval est relié par les deux extrémités de son enroulement aux deux fils de ligne *(fig. 57)*.

Un barreau aimanté présente entre les deux pôles de l'électro l'un de ses pôles, le pôle austral *a* par exemple. Le barreau aimanté est mobile autour d'un axe et peut se porter vers l'un ou l'autre des pôles de l'électro-aimant. Si on envoie un courant dans les bobines de l'électro, les noyaux s'aimanteront et le barreau se portera vers le pôle boréal engendré, c'est-à-dire vers la bobine B ou la bobine B_1 selon le sens du courant.

Dans ce mouvement le barreau bute contre l'un des deux contacts *c* ou c_1. En butant contre le contact c_1 rien n'est changé aux conditions existantes ; au contraire en butant contre *c*, le barreau vient fermer un circuit local de sonnerie, et produit ainsi l'appel.

Les postes à rappel par inversion ont pour but, étant donnée une ligne au simple fil sur laquelle on a à placer trois postes ABC, de permettre à chacun d'eux d'appeler l'un des deux autres sans déranger le troisième *(fig. 58* et *59)*.

Les postes A et C sont les postes terminus ; ils comprennent chacun : un rappel par inversion, fonctionnant par le courant positif, un commutateur inverseur, un appareil téléphonique.

Le poste B est le poste intermédiaire ; il comprend : un rappel par inversion fonctionnant par le courant négatif, un appareil téléphonique avec cordon à une fiche.

Les postes sont reliés au simple fil. Dans les deux postes terminus, le rappel par inversion remplace la sonnerie dans le poste milieu ; il est relié aux deux jack-knives comme le seraient des annonciateurs dans un poste central ordinaire.

On conçoit que si le poste A par exemple émet un courant d'ap-

positif, il fera agir le rappel par inversion de chacun des postes B et C ; mais le rappel du poste C seul est disposé pour fonctionner par le courant positif : donc, seule, la sonnerie de ce poste retentira. Si, au contraire, il émet un courant négatif, c'est la sonnerie du poste B qui retentira.

Pour changer le sens du courant d'appel les postes A et C n'ont à agir sur leur inverseur de courant. Le poste B, au contraire, appelle toujours positivement ; il dirige son appel vers A ou vers C en plaçant la fiche de son cordon dans l'un ou l'autre des deux jacks-knives *a* ou *c*.

Enfin, si un poste est appelé, il lui suffit de décrocher son récepteur pour se mettre en communication ; le poste B peut en outre, en mettant sa fiche dans le jack *a*, couper toute communication avec le poste C et en la mettant dans le jack *c* couper toute communication avec le poste A. B pourrait d'ailleurs toujours parler à l'un ou l'autre des deux postes C ou A sans utiliser la fiche à cordon ; mais l'autre pourrait dans ce cas suivre la conversation.

Relais Ader. — Le principe du relais Ader est inverse de celui des annonciateurs polarisés et du rappel par inversion. Il se compose d'un circuit mobile entre les pôles d'un aimant fixe (fig. 60).

Le courant arrive dans le circuit mobile et, selon son sens, le fait dévier vers le pôle austral ou le pôle boréal de l'aimant.

Le circuit mobile C est porté par une tige métallique T formant commutateur. L'une des extrémités d'un circuit local de sonnerie est reliée à l'axe de la tige T ; cette dernière en déviant peut venir buter soit contre le contact *a*, soit contre le contact *b* ; le contact *a* est relié à la seconde extrémité du circuit local de sonnerie. Il résulte que si la tige T bute contre le contact *a*, elle vient fermer le circuit local et la sonnerie retentit. Si, au contraire, elle bute contre le contact *b*, le circuit reste ouvert et la sonnerie ne retentit pas.

On voit donc que le relais Ader est susceptible de remplacer le rappel par inversion car, comme lui, il permet de faire fonctionner une sonnerie soit par un courant positif soit par un courant négatif.

En outre, la masse à déplacer dans le relais Ader est très petite et, par suite, le relais Ader fonctionne sous l'action de courants très faibles.

La figure 61 représente cette disposition pour une série de quatre postes A B C D.

Les bornes de sonnerie de chaque appareil sont reliées à un relais Ader actionnant en local une sonnerie d'appel. Si un poste, le poste B par exemple, appelle, tous les relais Ader vont fonctionner et faire marcher les sonneries locales; si, en outre, on a établi une convention de sonnerie basée par exemple sur les signaux de l'appareil Morse (coups brefs et coups prolongés), le poste B indiquera quel est le poste auquel il désire parler. Ce poste n'aura alors qu'à décrocher son récepteur pour se trouver en ligne; le poste B en fera autant et les deux postes pourront communiquer ensemble.

On peut encore utiliser avantageusement ce dispositif dans les installations où il faut pouvoir aviser en même temps toute une série de postes. Il suffit alors d'avoir un signal d'appel général; dès qu'ils entendent ce signal, les employés de tous les postes se portent à leur appareil, décrochent les récepteurs et se trouvent tous en ligne; ils peuvent ainsi avoir une conversation générale.

Le relais Ader peut, d'ailleurs, être construit de très faible résistance, ce qui lui permet de remplacer avec avantage même les relais ordinaires.

C'est ainsi qu'il est appliqué sur les lignes de Paris à Marseille pour donner le signal de fin de conversation. De même la Société générale des Téléphones l'a installé sur le commutateur multiple pour 1 200 lignes à circuit entièrement métallique qu'elle vient de monter à Lille.

La Société générale des Téléphones a en outre combiné un système de postes basés sur le même principe que les postes à rappel par inversion, mais permettant d'augmenter notablement le nombre de postes reliés et s'appelant directement entre eux.

A chaque poste se trouvent deux relais Ader au lieu d'un, et il est nécessaire que chacun des deux relais composant un poste vienne buter contre un contact pour que la sonnerie fonctionne. Les relais sont disposés comme l'indique la figure 62.

L'installation comprend deux lignes complètement indépendantes et comportant chacune un relais pour chaque poste.

Si dans le fil 1 on envoie un courant +, tous les relais s'inclineront vers la gauche; si c'est un courant négatif, ils s'inclineront vers la droite. De même pour le fil 2.

Si maintenant on envoie dans chaque fil un courant +, les re-

lais du fil 1 des postes I, II, VII viendront buter contre leurs contacts ; de même les relais du fil 2 aux postes I, III, V, VII. On voit donc qu'il n'y a qu'aux postes I et VII que les deux contacts ferment les circuits locaux et par suite que les sonneries puissent retentir.

Mais on voit que si, par exemple, l'appel est émis par le poste T, il suffira de disposer les communications à ce poste pour que le courant qu'il émet ne passe pas par les relais Ader qui s'y trouvent, et alors, en sonnant positivement dans chaque fil, le poste I appellera simplement le poste VII ; si, au contraire, c'est un poste intermédiaire qui appelle, pour éviter qu'il n'appelle simultanément I et VII, il suffit de disposer un commutateur permettant de couper la ligne dans la direction où on ne veut pas sonner.

On voit que certains postes ont un de leurs relais qui vient au repos buter contre leurs contacts : donc leur sonnerie ne retentira qu'à condition qu'il ne passe pas de courant dans le fil correspondant à ce relais.

Dans ces conditions, l'appel se fera suivant le tableau ci-après :

	I		II		III		IV		V		VI		VII	
	APPELLENT													
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
I	•	•	•	+	→	→	→	→	•	•			→	•
II		0	•	•	→	0	→	0	•	0		0	•	0
III	—	0	—	0	•	•	—	0	—	0	—	0	•	0
IV	0	—	0	—	0	—	•	•	0	—	0	•	0	—
V	0	•	0	→	0	→	0	→	•	•	0		0	→
VI		→	—	—	—	—	—	—	→	—	•	•	—	—
VII	•	←	←	→	•	•	•	•	•		←	→	•	•

A chaque poste se trouvent six leviers chacun correspondant à un des autres postes. En abaissant par exemple le levier 5, on établit les communications entre la pile et la ligne par l'intermédiaire de la clef d'appel, de telle façon qu'en appuyant sur cette clef la ligne soit parcourue par le courant voulu pour actionner le poste 5 (*Voir le croquis du poste 5, fig. 63.*)

Outre ces applications des relais Ader pour remplacer les rappels par inversion, on les a encore utilisés pour remplacer les

relais ordinaires, et cela en raison de leur faible résistance, ce qui permet d'en monter une grande quantité en tension, sans augmenter sensiblement le nombre d'éléments nécessaires.

5° **Rappel omnibus Breguet.** — Ce système a pour but de permettre l'appel direct d'un poste quelconque à un autre poste également quelconque, en n'exigeant qu'un seul fil en tout, si la terre sert de retour, et deux fils si le retour doit se faire par fil isolé ; ces résultats étant obtenus quel que soit le nombre de postes à relier.

Le principe du système est celui du télégraphe à cadran Breguet. Tous les postes sont semblables *(fig. 64)*.

Chacun d'eux comprend un poste simple ordinaire et en outre :

1 indicateur à cadran ;
1 bouton d'appel spécial ;
1 tableau sur lequel sont montés les appareils.

Les postes sont successivement réunis l'un à la suite de l'autre depuis le premier jusqu'au dernier par un seul fil, comme l'indique le croquis donné plus haut pour la disposition par relais Ader.

Si la terre sert de retour, le premier et le dernier postes sont reliés à la terre. Si le retour doit avoir lieu par fil spécial, le premier et le dernier postes sont reliés directement par un second fil parallèle au premier.

Soient 13 postes 1, 2, 3, ... 13 à mettre en communication téléphonique. Supposons un fil spécial de retour.

L'indicateur à cadran de chacun des postes comprend quinze cases numérotées, les 13 premières de 1 à 13 ; la quatorzième est marquée « occupée » et la quinzième est marquée « libre ».

Lorsque l'aiguille de l'indicateur du poste 1 est sur la case 1, elle ferme le circuit local de la sonnerie de ce poste. Lorsque l'aiguille de l'indicateur du poste 2 est sur la case 2, elle ferme le circuit de la sonnerie de ce poste sur la pile locale et ainsi de suite pour tous les postes.

Cela posé, supposons que le poste 10 veuille appeler le poste 3.

L'opérateur du poste 10 pousse trois fois sur le bouton d'appel de son appareil.

La première fois, les aiguilles de tous les postes du réseau se portent sur la case 1, et au poste 1 seul la sonnerie tinte un

p. La seconde fois, toutes les aiguilles se portent sur la case 2, et au poste 2 seul la sonnerie tinte un coup.

La troisième fois, toutes les aiguilles se portent sur la case 3, et au poste 3 seul la sonnerie tinte aussi longtemps qu'aucune modification ne sera apportée à l'ensemble, c'est-à-dire jusqu'à ce que le poste 3 étant prévenu, la personne appelée se porte à l'appareil et pousse sur son bouton d'appel autant de fois qu'il faut pour amener les aiguilles de tous les postes indicateurs sur la case « occupée ». Dans le cas présent, onze fois; puis la conversation peut s'engager entre les postes 3 et 10.

Tous les postes sont ainsi avertis que deux postes sont en conversation et qu'ils doivent attendre pour communiquer eux-mêmes.

Dès que la conversation est terminée, le poste qui a appelé (ici le poste 10) pousse une fois sur son bouton d'appel et les aiguilles de tous les indicateurs reviennent sur la case « libre »; la ligne est ainsi rendue libre à tous les postes.

Ce système de communications téléphoniques a déjà été établi, notamment aux chemins de fer du Sud de la France.

Outre les dispositifs décrits, il en existe un grand nombre d'autres basés sont sur le principe du télégraphe à cadran, soit sur l'emploi des courants électriques de différents sens et des armatures polarisées; nous citerons par exemple le rappel Claude, la cellule américaine, etc., etc.

Enfin on emploie, quand on a une ligne directe téléphonique ou télégraphique au simple fil qu'on désire couper en un point intermédiaire pour la rendre omnibus, des *planchettes de coupure*. Ces appareils laissent toujours la faculté, à un moment donné, de rétablir la ligne directe en supprimant le poste intermédiaire par une simple manœuvre de commutateurs.

Appareils à sonnerie magnétique.

Lorsque les distances séparant deux postes sont assez grandes, le nombre d'éléments à employer pour la pile d'appel augmente très rapidement; on se trouve donc en présence d'une difficulté très sérieuse. On ne peut en effet songer à augmenter beaucoup le nombre des éléments, en raison de la grande place qu'ils nécessitent et, en outre, des frais d'installation et d'entretien assez élevés qu'ils comportent. On a donc eu l'idée d'utiliser les générateurs mécaniques d'électricité.

On emploie à cet effet des petits magnétos, dits magnétos d'appel. Ces magnétos fonctionnent au moyen d'une manivelle et engendrent un courant alternatif de très haute tension (50 volts à la vitesse ordinaire de rotation).

On emploie alors des sonneries spéciales polarisées fonctionnant par courant alternatif. Ce sont simplement des électro-aimants dont l'armature est polarisée et est mobile autour d'un axe situé entre les deux bobines ; cette armature porte une tige qui vient frapper alternativement sur les deux timbres. La figure 65 (1) montre la disposition d'un transmetteur Ader à sonnerie magnétique ; et la figure 66 (2) représente un magnéto d'appel destiné à être relié à un transmetteur Ader ordinaire.

Les magnétos d'appel font parfaitement tomber les annonciateurs des postes centraux, et dans ce cas, pour obtenir un appel acoustique, il suffit d'utiliser le dispositif de sonnerie continue dont nous avons parlé plus haut.

Dans certains cas, les postes à sonnerie magnétique ont à communiquer avec des postes centraux où l'appel est fait par des piles ; on ne peut donc pas à ce poste central, pour un seul poste à appel magnétique relié, établir un magnéto d'appel ; il existe donc des magnétos d'appel spéciaux permettant au poste où ils sont montés d'appeler par appel magnétique et d'être appelés par piles *(fig. 67)* (3).

Les appareils à sonnerie magnétique ont reçu une application très utile dans les chemins de fer : c'est le téléphone portatif *(fig. 68)* (4).

Il se compose d'un transmetteur Berthon, d'un récepteur Ader, d'une bobine d'induction, de trois éléments secs à l'agar agar pour le circuit microphonique, d'un magnéto d'appel avec commutateur pour mettre l'appareil sur sonnerie ou transmission ; ce

(1) A sonnerie magnéto-électrique. — B bobine d'induction. — C commutateur automatique. — D contact s'interrompant quand on tourne la manivelle. — E pôle relié à la masse du magnéto. — F second pôle du magnéto. — M' microphone. — R récepteurs. — T paratonnerre. — *l* bornes de ligne. — *t* borne de terre. — P bornes de la pile microphone.

(2) A magneto. — B contact s'interrompant quand on tourne la manivelle. — C pôle relié à la masse du magnéto. — D second pôle du magnéto.

(3) A contact s'interrompant quand on tourne la manivelle. — B contact se formant quand on tourne la manivelle. — C pôle relié à la masse du magnéto. — D second pôle du magnéto. — L fils de ligne.

(4) A sonnerie magnétique. — B bobine d'induction. — C commutateur. — D contact s'interrompant quand on tourne la manivelle. — E pôle relié à la masse du magnéto. — F second pôle du magnéto. — M microphone. — R récepteur. — P piles sèches — L bornes de ligne. — *r* bornes du récepteur. — *m* bornes du microphone. — S plot de sonnerie. — N plot du microphone.

commutateur peut, soit être complètement indépendant, soit être ...rte par la poignée reliant le transmetteur Berthon et le récep...teur Ader. Le tout est renfermé dans une boîte en chêne et prend ... place dans le fourgon du chef de train. Il est complété par une ...une canne en bambou, dite canne de prise de ligne, portant ...e borne qu'on relie à l'une des bornes de l'appareil et un cro...et à la partie supérieure communiquant avec cette borne ; ...autre borne est reliée à la terre par l'intermédiaire d'un piquet ...étallique.

En cas d'accident, le chef de train descend du fourgon avec son ...léphone portatif, relie les bornes comme il vient d'être dit et, ...avec sa canne de prise de ligne, vient saisir un des fils téléphoniques courant le long de la voie ; puis il appelle au moyen du ...agneto et parle en réclamant le secours nécessaire.

Cet appareil a encore été employé très fréquemment pour la ...construction des lignes de chemins de fer, notamment dans le cas ...chemin de fer de Paris à Arpajon. Au fur et à mesure que les travaux avançaient, on avançait également l'appareil portatif et ...restait en communication constante du chantier de construction avec la direction des travaux.

Actuellement, la ligne est terminée et les fils posés servent à ...intercommunication des gares.

Dans certains chemins de fer où les gares sont reliées téléphoniquement et où l'appel se fait par piles, on a modifié l'appareil ...dessus en remplaçant le magneto d'appel par une batterie de ...quatre éléments placée dans le fourgon.

PILES EMPLOYÉES EN TÉLÉPHONIE

Les piles employées en téléphonie sont les mêmes que celles ...employées dans les installations intérieures de sonneries domestiques. Pourtant on recherche plus de constance et une meilleure ...construction.

Il était nécessaire d'avoir un élément d'assez bonne qualité, de ...ne pas trop élevé et ne contenant pas de liquide corrosif, les ...installations téléphoniques se faisant généralement dans les intérieurs. La pile Leclanché remplit ces différentes conditions. Sa ...polarisation assez rapide n'est guère un inconvénient, le circuit ...restant rarement fermé plus de quelques minutes.

Comme types d'éléments Leclanché, nous citerons :

Les éléments ordinaires à vase poreux et à tête plomb (*fig. 69* :

Les éléments ordinaires à vases poreux et à tête munie d'une pince cuivre ;

Les éléments Leclanché à plaques agglomérées, où le mélange de manganèse et charbon, au lieu d'être contenu dans un vase poreux, est comprimé sous forme de plaques, qui se fixe sur une lame de charbon par un bracelet en caoutchouc *(fig. 70);*

Les éléments Leclanché à agglomérés cylindriques, où le mélange, au lieu d'être comprimé sous forme de plaque, est en forme de vase *(fig. 71);*

Les éléments Goodwin à vase poreux charbon ;

Les éléments secs à l'agar-agar, où tout le liquide est absorbé par une sorte de pâte gélatineuse obtenue par une herbe japonaise appelée agar-agar *(fig. 72 et 73).*

Les éléments secs, d'ailleurs peu employés dans les débuts, à cause de leur mauvaise construction, prennent de jour en jour une plus grande importance depuis qu'on est arrivé à les rendre aussi sûrs que les éléments à liquides. Leur maniement est, d'ailleurs, beaucoup plus commode, et ils ont leur place tout indiquée dans tous les appareils portatifs. Parmi les meilleurs, nous citerons encore, outre les éléments à l'agar-agar dont nous avons parlé plus haut, la pile Bloc *(fig 74).*

La pile Bloc est contenue entièrement dans une caisse en bois; l'agglomérant est de la cellulose extraite de la noix de coco. Cet élément, de forme commode, se prête admirablement aux différents montages qui peuvent être nécessaires.

Sa force électromotrice moyenne est de 1 volt 50 et sa résistance intérieure ne dépasse pas, dans certains types, 0 ohms, 1.

SONNERIES A RELAIS

Nous avons vu plus haut que, dans les tableaux de postes centraux, on pouvait disposer la sonnerie de manière à la faire fonctionner d'une manière soit intermittente, soit continue. Il peut être utile, dans les endroits où se trouvent installées des sonneries quelconques, d'avoir également une sonnerie continue. C'est le but que remplissent les sonneries à relais.

Il existe deux types bien différents de sonneries à relais : les sonneries à annonciateurs et les sonneries à lapins.

Sonneries à annonciateurs. — On en fait de différents modèles les unes, montées comme des sonneries cubiques ordinaires, por-

tent sur une de leurs faces des annonciateurs en nombre égal à celui des lignes aboutissant au poste *(fig. 75)*.

L'annonciateur en tombant forme un circuit local qui vient faire résonner la sonnerie.

Dans d'autres types tel que celui adopté par la Compagnie des chemins de fer du Nord ; la sonnerie a la forme d'une sonnerie ordinaire d'appartement ; un annonciateur placé sur la boîte ferme le circuit local en tombant *(fig. 76)*.

Sonneries à lapins. — Les lapins sont des sortes d'annonciateurs donnés de même que les précédents par l'armature d'un électro-aimant. Le lapin est constitué par une lame triangulaire, qui, au passage du courant, vient faire saillie hors d'une ouverture longitudinale placée sur l'un des côtés de la boîte de la sonnerie.

Les figures 77 et 78 en montrent différentes dispositions :

APPAREILS MAGNÉTIQUES

Si on considère deux récepteurs A et B reliés par un double fil de ligne, les vibrations de l'armature de A produites par la voix, modifient le champ magnétique de l'électro-aimant polarisé constituant le récepteur A *(fig. 79)*.

Par suite des phénomènes de l'induction, la variation de l'intensité d'aimantation détermine des courants induits dans l'enroulement des bobines ; ces courants se reproduisent au poste B par l'intermédiaire des fils de ligne et agissent sur l'armature de B. On obtient ainsi une transmission excellente, et on a constitué aux postes A et B deux appareils magnétiques. Malheureusement dès qu'on cherche à augmenter un peu la longueur de la ligne, la transmission ne se fait plus ou se fait mal. On a donc pu appliquer seulement ce procédé pour des lignes très courtes.

La plupart du temps, au lieu de monter à chaque poste un seul récepteur, on en monte deux ou trois accouplés en tension ; l'un d'eux sert alors pour la transmission et reçoit le nom de transmetteur magnétique ; l'autre ou les autres servent pour la réception.

Les appareils magnétiques les plus employés sont les appareils Siemens. Il s'en construit plusieurs modèles, selon les usages auxquels ils sont destinés.

L'appareil dit type des chemins de fer, employé sur la ligne de Grande-Ceinture, se compose d'un transmetteur magnétique, de deux récepteurs magnétiques, d'un magnéto d'appel et d'une sonnerie fonctionnant par appel magnétique. Dans la position d'appel,

la sonnerie, le magnéto et les lignes sont montés en série, en sorte que si on vient à tourner la manivelle du magnéto, la sonnerie du poste appelant et celle du poste appelé retentissent toutes deux. On peut d'ailleurs, en appuyant sur un bouton à trois contacts, mettre la sonnerie hors circuit et augmenter ainsi l'intensité du courant traversant la ligne.

En décrochant les récepteurs, on actionne un commutateur automatique, qui coupe la sonnerie et met le transmetteur et les récepteurs en ligne.

D'autres types sont employés comme postes portatifs.

On se sert alors fréquemment du même appareil pour la transmission et la réception. Il suffit donc d'un récepteur avec deux bornes se reliant aux deux fils de ligne pour effectuer le service. L'appel se fait au moyen d'une corne d'appel dans laquelle on souffle en la plaçant devant l'appareil.

Ces appareils sont contenus soit dans des pochettes en cuir qu'on fixe au ceinturon, soit dans des boîtes en bois qu'on porte en bandoulière. Les pochettes contiennent un seul récepteur Aubry, avec cordon à deux conducteurs et fiche à deux bornes : la boîte en bois porte les deux bornes extérieurement ; deux récepteurs accouplés en tension y sont reliés par des cordons à deux conducteurs.

LES APPAREILS MÉCANIQUES

PROPRES

A COMBATTRE LES MALADIES CRYPTOGAMIQUES DE LA VIGNE[1]

PAR

M. A. CAZAUBON

PREMIÈRE PARTIE

Considérations générales sur quelques-unes des maladies de la vigne et sur leurs traitements.

Chacun connaît l'extrême importance de la culture de la vigne en France. La récolte qui était environ de 60 millions d'hectolitres de vin vers 1870, est descendue à 22 millions après le désastre causé par le phylloxera ; elle se relève maintenant à 30 millions environ et représente une valeur annuelle de 600 millions. La surface plantée atteint 1 800 000 *ha*. On sait également combien sont nombreuses les maladies qui ont assailli la vigne sans parler, du reste, de celles à peine indiquées au siècle dernier; il a encore présents à l'esprit les ravages causés par l'apparition de l'*Oïdium*.

Signalée en Angleterre par Tucker vers 1845, cette maladie, quelques années plus tard, avait causé la perte de plus de la moitié des récoltes. Le traitement au soufre préconisé par M. Marès et appliqué à l'aide de simples soufflets a suffi pour faire disparaître les effets de cette moisissure, à la condition cependant de renouveler le soufrage dès que cela devient nécessaire. Deux ou trois soufrages suffisent généralement.

Phylloxera. — Quelques collectionneurs, recherchant des plants résistant à l'oïdium, importèrent en France des vignes améri-

[1] Voir Procès-verbal de la séance du 17 mars, pages 350 et 351. Observations complémentaires de MM. Michel Perret et P. Regnard.

caines, ignorant qu'ils introduisaient avec elles un puceron, le *Phylloxera*, assez inoffensif pour cette variété de ceps, mais mortel pour les vignes d'Europe par les désordres qu'il cause à leurs racines. Signalé à Roquemaure vers 1865, il détruisit en quinze ans plus d'un million d'hectares de vignes et réduisit la récolte des deux tiers, causant une perte annuelle de plus d'un milliard.

Les moyens de défense les plus employés, tels que (submersion, plantations dans les sables, plants américains, francs ou greffés, sulfure de carbone, sulfocarbonates, etc.), consistent surtout en opérations agricoles n'ayant pas donné lieu à la création de machines spéciales.

Seul, le traitement au sulfure de carbone a introduit la *charrue sulfureuse* et le *pal*, instruments munis d'une pompe destinée à répandre en terre, près des racines, une quantité déterminée de sulfure. Si l'on excepte les pompes employées dans certains cas de submersion, on voit que la mécanique n'a eu qu'un rôle bien effacé dans les efforts accomplis pour la préservation et la reconstitution des vignobles ravagés par l'oïdium et le phylloxera. Toute autre a été son action dans les maladies d'apparition récente.

Mildiou. — Avec les plantations américaines sont survenues un certain nombre de maladies cryptogamiques des plus graves, telles que le mildiou, le black-rot, etc. Le *mildiou* est la plus redoutable de toutes par la rapidité de son extension, l'anéantissement des récoltes qui en sont atteintes et l'affaiblissement qu'il cause aux ceps attaqués. Les feuilles présentent d'abord des taches rousses à la partie supérieure, bientôt apparaissent à la partie inférieure des taches blanchâtres qui s'étendent, et les feuilles, de plus en plus envahies, se raccornissent et tombent. Si le mal vient avant la veraison, le raisin ne peut mûrir ; s'il arrive au moment de la veraison, le raisin mûrit mal et ne donne qu'un vin sans alcool et sans couleur. Une spore ou graine de mildiou venant à tomber sur une feuille, y germe et développe un mycélium qui pénètre dans l'intérieur où il se développe sans pouvoir être atteint par aucun moyen. Les brouillards et la rosée contribuent à la propagation de ce champignon. Il faut donc empêcher la spore de germer, et ce sont les moyens préventifs qui sont seuls efficaces.

Un heureux hasard, dont les résultats ont été judicieusement

interprétés, a permis de découvrir la prophylaxie complète de la maladie.

Dans le Médoc, les propriétaires avaient coutume, depuis fort longtemps, de badigeonner les ceps en bordure des chemins avec une mixture composée de chaux et de sulfate de cuivre, et cela dans le but d'éloigner les voleurs en rendant immangeables les raisins de ces pieds de vigne.

On reconnut que tous les ceps ainsi badigeonnés étaient indemnes, tandis que les autres étaient profondément atteints. Les échalas injectés au sulfate de cuivre donnèrent également une certaine immunité aux ceps qu'ils soutenaient. Les recherches de MM. Millardet, Gayon, Prillieux, etc., vinrent confirmer ces faits et fixèrent la composition de la *bouillie bordelaise.*

(Solution de 3 0/0 de sulfate de cuivre dans laquelle on verse un lait de chaux renfermant 2 *kg* de chaux grasse, le tout dissous dans 100 *l* d'eau), la composition varie un peu suivant les contrées.

(On se sert également de bouillie bourguignonne, bouillie sucrée de M. M. Perret, du verdet, etc.) Le cuivre précipité par la chaux se dépose sur les feuilles à l'état de sous-oxyde insoluble dans l'eau pure, mais légèrement soluble dans l'eau de la rosée toujours faiblement ammoniacale et contenant en outre de l'acide carbonique en dissolution. Il y a donc production d'un milieu antiseptique où les zoospores du mildiou ne peuvent se développer.

La question était nettement définie. Restaient à trouver les procédés pratiques de traitement.

Les bouillies, pour être réellement efficaces, doivent être répandues sous forme de gouttelettes fines et nombreuses, afin de n'épargner aucune feuille et de ne pas former de gros amas qui adhèrent mal et sont détachés lorsque les feuilles sont agitées par l'action du vent.

Balais. — On se servit d'abord de *balais de bruyères* que l'on trempait dans un seau porté par l'ouvrier. Le traitement ainsi fait est long et irrégulier. Dès l'année 1885, l'usage des pulvérisateurs à hotte s'affirma. Pendant plus de cinq ans, ils ont été à peu près exclusivement employés et ont sauvé les récoltes.

DEUXIÈME PARTIE

Appareils à hotte à dos d'homme servant à répandre et à pulvériser le liquide.

I. — Appareils a petit travail

Organes généraux. — Les appareils à hotte sont extrêmement nombreux; mais, quel qu'en soit le système, ils comprennent tous: 1° un récipient en cuivre ou en verre clissé de section circulaire ou elliptique et d'une contenance de 20 *l* environ; 2° un isolateur en bois ou en zinc profilé fixé au cylindre; 3° des courroies permettant de le fixer sur le dos de l'opérateur; 4° un tuyau flexible servant au départ du liquide et terminé par une lance en cuivre avec jet pulvérisateur. Pour qu'un tel appareil puisse pulvériser, il faut amener le liquide *sous pression dans un jet produisant la pulvérisation.*

Jets. — Il existe un grand nombre de jets remplissant cette condition. Les plus employés sont le jet Riley et le jet Raveneau.

Le jet Riley *(pl. 90, fig. 1 et 2)* se compose d'une pièce en cuivre en forme de pipe dont le tuyau d'arrivée vient déboucher tangentiellement dans une chambre cylindrique terminée par un bouchon à vis percé d'un orifice en mince paroi. Le liquide arrivant sous pression prend un mouvement giratoire et s'échappe par l'orifice central sous la forme d'un cône dont l'angle au sommet varie avec la pression et l'orifice du chapeau. Les molécules liquides s'écartant de plus en plus et produisant une pulvérisation fine et régulière.

Le jet Riley est donc fort simple. Pour remédier aux obstructions produites par des corps étrangers, on le munit souvent d'une aiguille mobile pouvant écraser et rejeter au dehors les particules calcaires qui boucheraient l'orifice de départ. A la pression moyenne de 1,750 *kg* le jet Riley (1,84 *mm*) débite environ 1,300 *l*. A égalité d'orifice et de pression, celui du chapeau d'un jet Riley débite moitié moins que tout autre orifice. L'emploi de ce jet donnant de fort bons résultats est donc très économique.

Le jet Raveneau *(pl. 90, fig. 3)* se compose d'un bouchon à vis monté sur la lance et percé d'un orifice en mince paroi. Le jet qui en sort se brise sur une palette courbe dont la partie inférieure raccordée au chapeau est sensiblement tangente à l'orifice sui-

ant la direction du jet. Le liquide s'épanouit sur la palette et ne une projection en éventail dispersant les molécules liquides. l convient surtout aux traitements intensifs lorsqu'il s'agit de pandre une grande quantité de liquide en un temps donné. La fabrication en est assez délicate.

Dans le jet *Bourdil* (*pl. 90, fig. 8*) la pulvérisation est produite par le laminage d'une gaine liquide s'écoulant entre un tube de caoutchouc et une canule profilée formant palette circulaire.

Des organes de compression. — On produit la pression du liquide par bien des dispositifs, qui tous peuvent se grouper en trois genres :

Par un organe placé sur la lance (hydronette) ;

Par une pompe à liquide placée près du récipient ou dans ce récipient ;

Par une pompe à air placée près du récipient.

1° *Appareils fonctionnant par une hydronette.* — Ce premier type d'appareil (Pilter, Bourdil, Grétillat) comprend une botte servant simplement de réservoir.

Le liquide amené par le tuyau de caoutchouc pénètre dans la lance à piston intérieur en forme de seringue ou hydronette. La traction exercée sur l'enveloppe mobile provoque la compression du liquide et son expulsion à travers le pulvérisateur. Ce système exige environ 30 *kgm* par litre de liquide projeté, soit 70 *kgm* environ par minute ; il est simple et économique, l'ouvrier peut aisément diriger le jet sur les plants. Mais il ne produit d'effets que pendant chaque demi-période, il est donc discontinu et peu rapide. Il présente du reste les inconvénients spéciaux aux appareils à botte dont il sera fait mention plus tard.

2° *Appareils fonctionnant par une pompe à liquide.* — Dans ce système (Japy, Vermorel, Duru, etc.) on installe une pompe à liquide dans la botte ou près de la botte. Cette pompe, d'un diamètre de 6 *cm* avec une course de 8 *cm* environ, est actionnée par un levier articulé passant sur l'épaule ou sous le coude de l'opérateur. Les pistons sont ou en caoutchouc, du système Letestu, ou à tresses de filasse ; on emploie aussi les pompes dites à poumon. Les clapets, le plus souvent, sont des billes en caoutchouc. Le liquide, aspiré dans la botte, est refoulé dans un récipient à air, d'où part le tuyau caoutchouc aboutissant à un tube de lance avec robinet et jet pulvérisateur. L'opérateur actionne d'une main le levier de la pompe et tient le jet de l'autre. Le jet débitant en moyenne 1,300 *l*, le travail est

60 *kgm* par minute environ. Ce serait peu de chose comme valeur absolue ; mais cela devient très fatigant eu égard à l'instabilité des points d'appui et par suite aux frottements qu'elle engendre. Le poids de l'appareil vide est environ 8 *kg*. Comme on est obligé d'avoir un récipient d'air assez restreint, la pression a des variations de 10 à 20 0/0. On les rend minima en pompant à petite course d'une manière à peu près continue. Les organes sont disposés de façon à être facilement visités et remplacés. Un couvercle obturant le haut de la hotte sert au remplissage qui se fait ordinairement avec un entonnoir à tamis. Un agitateur fonctionne par le jeu du levier de la pompe, empêchant ainsi la formation des dépôts de sulfate de chaux dans la hotte.

3° Appareils fonctionnant par une pompe à air. — Dans ces appareils (Loumaigne, Michel, etc.) la hotte est à section circulaire ; l'introduction du liquide se fait par un bouchon à vis. La pompe à air, placée à côté, est à cuir embouti avec clapets à lames de cuir comme dans les soufflets. Le levier, la lance et le pulvérisateur sont établis dans les mêmes conditions que ceux des pompes à liquide. Le tuyau de refoulement plonge dans le récipient où il produit une agitation fort utile pour enrayer les dépôts.

Pour les mettre en action on produit, après l'introduction du liquide, une pression initiale d'air de 1,500 *kg* environ ; pendant le traitement on l'entretient en donnant des coups de piston fréquents, mais non continus. La pression est donc fort régulière, mais le travail nécessaire pour répandre un litre de liquide en une minute atteint 120 *kgm* soit près de trois fois celui des pompes à liquide, et cela tant à cause du mauvais rendement des pompes à air, que de la perte de pression lors des remplissages.

Résultats. — Les appareils à hotte donnent un traitement très efficace d'un hectare par ouvrier et par jour, en moyenne, mais le prix de revient est assez coûteux.

M. Ferrouillat a calculé le prix de revient de la main-d'œuvre par hectare, pour les trois traitements d'une propriété de 50 *ha*. Le résultat est 16,75 *f* amortissement compris (sans compter la bouillie) (1).

(1) *Chaque traitement* devant être terminé en une semaine, il faut huit appareils, huit porteurs et deux remplisseurs. La dépense pour les trois traitements s'établit ainsi :

Prime annuelle de l'amortissement en trois ans et de l'entretien des huit appareils.	118 *f*
10 ouvriers pendant (3 × 6) jours à 4 *f*	720
Total pour les 50 *ha*.	838 *f*

Ou par hectare 16,75 *f*.

Diverses causes rendent à la fois coûteux et pénible l'emploi de ces appareils. Les jets étant en avant salissent l'ouvrier, les remplissages sont longs et donnent lieu à des éclaboussures produisant de graves désordres sur la peau. Le travail de l'ouvrier chargé de pomper et d'enjamber en même temps les vignes touffues du midi est fort pénible. Enfin, les pompes donnent lieu à de fréquentes réparations.

II. — Appareils a moyen travail

Principe. — Les appareils à hotte produisant une excellente pulvérisation, mais ayant l'inconvénient d'être lourds et d'avoir une pompe à manœuvrer, on a eu l'idée de supprimer celle-ci. On diminue donc, du même coup, le poids et l'effort à faire. De nombreux constructeurs (Duprat, Hérisson, Justumus, etc.) ont réalisé des appareils remplissant ce but; ils sont fondés sur le ***chargement du liquide sous pression***, ce qui évite, en outre, les graves défauts des remplissages directs.

Dispositions générales. — Pour réaliser pratiquement ce procédé, on se sert de hottes ayant 25 *l* environ de capacité, analogues, du reste, a celles des appareils à pompe à air; le bouchon d'introduction est remplacé par un clapet à raccord placé à la partie inférieure. Une pompe pouvant aspirer de l'air et du liquide est montée le plus ordinairement sur la charrette portant la bouillie; elle est munie d'un manomètre.

Fonctionnement. — On charge la hotte en air jusqu'à 1 1/2 *atm*, par exemple; puis, par le jeu d'un robinet, on pompe du liquide jusqu'à 1 1/2 jusqu'à 2 1/2; on introduit 12 *l* environ de bouillie, on détache alors la hotte de la pompe et l'on procède de même sur les autres hottes. Le porteur, ayant les mains libres, peut traiter avec deux jets, dans les premiers traitements au moins. Quand le liquide est épuisé, on relie par un raccord la hotte à la pompe, on vérifie au manomètre si la pression d'air est 1 1/2 *atm* et on remonte, s'il y a lieu, jusqu'à cette pression; puis on achève en pompant du liquide comme précédemment.

Réfutation d'une objection. — On a fait aux appareils à air comprimé le reproche d'avoir un débit irrégulier, la pression variant depuis 1 1/2 jusqu'à 2 1/2 ou 3. Les constructeurs avaient même eu, à l'origine, l'emploi de régulateur de pression. En réalité,

dans la pratique, on n'en éprouve aucun inconvénient. Par suite des pertes de charge, les variations de débit correspondent à moins d'un centilitre de bouillie par mètre carré de surface traitée. Il est, du reste, très facile de régulariser l'écoulement dans des limites normales par le simple jeu du robinet placé sur la lance. Il ne faut pas oublier, en outre, que la marche très irrégulière des hommes ou des animaux cause des variations de débit bien plus sensibles que celles dues à la pression.

Résultats. — Avec les appareils à moyen travail, un homme peut traiter de la façon la plus complète 2 *ha* au moins par jour, la pompe pouvant alimenter trois ou quatre porteurs. Le prix de revient de la main-d'œuvre des trois traitements, calculé par hectare, pour une propriété de 50 *ha*, est 12 *f.*

Malgré ce résultat fort remarquable, ce genre d'appareil est peu employé. Il faut, en effet, recourir aux porteurs; et si le travail est moins pénible, il ne laisse pas que d'être fort salissant et désagréable par suite des jets placés en avant. Enfin, leur apparition a coïncidé avec celle des appareils à grand travail, contre lesquels les hottes, même les plus perfectionnées, ne sauraient lutter. L'emploi de l'appareil à moyen travail est cependant indiqué pour les vignobles à intervalles serrés ou à pentes rapides, dans lesquels ni les animaux, ni les véhicules ne pourraient circuler.

TROISIÈME PARTIE

Appareils à grand travail.

Aperçu général. — La difficulté de la circulation dans une vigne en pleine végétation ne rend guère probable l'application des moyens mécaniques puissants employés dans certaines cultures. C'est aux moteurs animés que l'on a recours (cheval, mulet, etc.) lorsque la main de l'homme devient insuffisante.

Il existe deux genres bien distincts d'appareils à grand travail. Dans les uns, l'animal est attelé et son action produit à la fois le déplacement et la pression; ce sont les appareils *à traction*. Dans les autres, l'animal est simplement employé comme porteur; ce sont les appareils *à bât*.

Bien que ces appareils soient établis sur des principes fort différents, les résultats que l'on en obtient sont identiques, soit

comme finesse et intensité de pulvérisation, soit comme prix de revient.

Certains appareils fort ingénieux ne rentrent pas dans ces deux catégories, la pratique en a condamné quelques-uns ; pour les autres, les résultats des essais en grande culture n'ont pas été publiés. On a pu voir, par exemple, dans divers concours, un appareil à grand travail où l'animal était à la fois porteur et producteur de pression, son arrière-main étant reliée à des pompes par un jeu de câbles. Il convient d'attendre la sanction de la pratique sur un mode d'action aussi nouveau.

I. — Appareils a traction.

L'idée, assurément hardie, de faire circuler des véhicules à travers des vignes avait été mise en pratique dans le bordelais vers 1887, mais c'est seulement en 1890, au concours de Montpellier, qu'a figuré le premier appareil vraiment pratique, l'appareil Vigouroux.

Description de l'appareil Vigouroux (Pl. *90*, fig. 5). — Cet appareil comprend une charrette entièrement métallique dont les roues en fer, de 1,35 *m* de diamètre sont portées par un essieu coudé à glissse disposé pour en faire varier l'écartement de 1,50 *m* à 2,25 *m* environ, les roues circulent toujours entre deux lignes de ceps et le plancher élevé de 1,10 *m* environ, permet de passer au-dessus de la ligne intermédiaire ; l'un des brancards est mobile et se monte à droite de façon que le sillage ou la piste tracée par le cheval concorde avec celle de la roue de droite, condition favorable pour réduire au minimum les dégâts inévitables dus au passage de l'animal et du véhicule.

La charrette porte un récipient en cuivre de 250 *l* muni d'un bouchon, d'une pompe de remplissage, d'un agitateur intérieur et d'une prise de liquide par un filtre facilement démontable. Sur la roue de droite est montée une came hexagonale dont les angles soulèvent un galet communiquant, par des leviers articulés, un mouvement alternatif au piston d'une pompe. Les bras de levier peuvent, du reste, varier et régler ainsi le débit de la pompe pour une vitesse de marche donnée.

Un levier placé à la main du conducteur permet de débrayer le mouvement ; par un levier direct, on peut actionner la pompe, indépendamment de toute marche du véhicule ; un fort ressort a

boudin assure le contact de la came et du galet. L'agitateur est actionné par un levier spécial en connexion avec les organes du mouvement. La pompe foulante a 8 *cm* de diamètre et le piston est du système Letestu. Elle puise le liquide dans la boîte à filtre et le refoule dans un récipient d'air muni d'une soupape d'évacuation réglée à l'avance pour une pression déterminée. Un robinet de prise commande un jeu de tubes horizontaux à genouillères, réglables en hauteur et direction. Ces tubes portent des jets au nombre de trois, six ou neuf, suivant les traitements.

Fonctionnement. — Supposons le réservoir rempli, les roues montées à l'écartement des lignes de ceps et la course de la pompe réglée suivant le traitement. L'appareil étant amené près des vignes à traiter, on crée d'abord une pression d'air par le levier direct de la pompe, on ouvre le robinet de distribution et l'on met en marche. Le liquide refoulé par la pompe se pulvérise par les jets placés sur les tuyaux, la soupape automatique ramenant l'excès de liquide au grand réservoir.

On traite ainsi trois rangs à la fois avec un jet pour les premiers traitements, deux jets croisés pour les seconds et enfin par deux jets Riley latéraux et un jet Raveneau central lors des derniers traitements.

Vignes échalassées. — Pour les vignes sur fils de fer ou grands échalas, on remplace les lances horizontales par des arceaux assez semblables à ceux servant à vérifier les gabarits dans les gares de chemins de fer. Les jets sont placés sur ces arceaux dont les axes doivent concorder avec l'écartement des lignes de ceps. C'est par l'essieu que l'on opère ce réglage.

On a construit des appareils réduits, en forme de chariot, mais ce véhicule peu stable n'a pas encore fait ses preuves.

Les appareils *Vermorel* et *Japy* ne diffèrent de l'appareil Vigouroux que par des détails de construction (chaîne galle ou train d'engrenages au lieu de la came, pompe dédoublée, etc.).

Résultats. — Avec les appareils *à traction*, la pression reste sensiblement constante, la pulvérisation est fine, régulière, très efficace contre tout germe cryptogamique. En employant deux hommes et deux chevaux, on traite par jour environ huit hectares de vignes basses.

Par contre l'effort à obtenir des animaux est assez sérieux (60 à 65 *kgm* environ par seconde) d'où nécessité de relayer dans la

journée. Il ne faut pas songer, bien entendu, à employer ces appareils dans les vignes en coteaux, en outre, les tournées dans les vignes sont difficiles, il est nécessaire de ménager des allées transversales ou des fourrières.

Le prix de revient pour une propriété de 50 *ha* (y compris l'amortissement de l'appareil), est de 8,25 *f* par hectare ; si l'on ajoute l'homme nécessaire pour dévriller les vignes au troisième traitement, on trouve un total de 8,60 *f* par hectare (non compris les frais de bouillie). C'est un prix inférieur de 50 0 0 à celui du traitement par les hottes.

2° Appareils a bat.

Principe. — Ces appareils à bât comprennent tous un bât portant deux cylindres, l'ensemble présentant une disposition analogue à celle des cacolets. Les cylindres sont en cuivre rouge, leur capacité varie de 35 à 70 litres suivant qu'ils servent de réservoirs simples ou de récipients à air comprimé.

Divers genres. — On retrouve dans ces appareils à grand travail les trois variétés indiquées pour les hottes.

1° Dans le premier genre, la prise est directe avec lances ou cadronettes, les cylindres sont de simples récipients (système Maroger). Il est simple, économique, mais peu intensif et présente les divers inconvénients des appareils actionnés par des ouvriers ;

2° Dans le second genre, on dispose une pompe à air sur le bât, le conducteur la fait fonctionner pendant la marche et produit ainsi une pression régulière sur le liquide contenu dans les cylindres. L'épandage se fait par des tubes articulés avec jets réglés suivant la nature de la vigne (appareil Besnard).

On reproche à ce système d'être lourd pour l'animal et d'exiger un travail pénible du conducteur ;

3° Les pulvérisateurs à bât du troisième genre, de beaucoup les plus nombreux, sont établis sur le principe de l'emplissage *des cylindres sous pression*.

Description de l'appareil Hérisson. — Cet appareil *(Pl. 90, fig. 6 et 7)*, comprend deux parties distinctes : la pompe et le bât.

Pompe. — La pompe *(fig. 4 et 7)*, à balancier articulé avec chape, est du système à piston plongeur renversé, les clapets contenus

dans une boîte cylindrique verticale, sont à billes caoutchouc avec sièges visitables, un robinet d'arrivée pour l'air ou la bouillie est placé à la partie inférieure de la boîte, une tubulure à raccord fait communiquer cette boîte à clapet avec la partie supérieure du corps de pompe, dont l'étanchéité est assurée à la partie inférieure par un presse-étoupe avec écrou de serrage à cage formant guide de piston. Ce modèle de pompe fonctionne comme pompe à air *sans espace nuisible*, si l'on a la précaution d'introduire de temps en temps une certaine quantité de liquide. Dans le cas présent, on passe du fonctionnement « liquide » au fonctionnement « air » en manœuvrant une clef de robinet. Le liquide est amené par un tuyau à spirales avec crépine plongeant dans un tonneau *(fig. 7)*, il peut être refoulé dans les cylindres par un tuyau muni à son extrémité d'un raccord rapide. Une soupape de sûreté et un manomètre à deux repères complètent cet ensemble.

La pompe est fixée sur un plateau en chêne avec pieds, barre de fixation et boulons de serrage. Le tout disposé pour se monter sur le talon de la charrette portant les fûts de bouillie.

Bât. — Le bât est du modèle général indiqué, il porte deux cylindres d'une capacité de 70 *l* chacun. Ces cylindres sont reliés par leur partie inférieure au moyen d'un tube flexible passant sur le bât, évitant ainsi, par le double col de cygne qu'il présente, le déversement d'un cylindre sur l'autre quand l'animal vient à se pencher.

Les cylindres sont supportés par des fers en U formant les arçons du bât et maintenus par des boulons articulés avec écrous de serrage.

Le cylindre de gauche porte à sa partie inférieure un distributeur comprenant : le clapet d'introduction, le robinet de prise et le filtre à dégorgement automatique lors de l'ouverture et de la fermeture du robinet. La distribution de la bouillie comprend sur *chaque* cylindre : le support, la lance et le porte-jets.

Les *supports* consistent en un *arc*, articulé sur le boulon de tête, pouvant décrire un plan vertical parallèle au plan axial de l'animal et une *coulisse* qui se meut perpendiculairement à ce plan (autour du boulon de croupe). L'arc et la coulisse ont la même courbure.

La *lance* est un tube en fer pouvant glisser à la fois sur l'arc et sur la coulisse et se fixer en l'un quelconque de leurs points. La genouillère placée à l'extrémité peut donc occuper tous les points

d'une certaine zone. Cette genouillère peut tourner autour d'un axe perpendiculaire à la lance ; par un presse-étoupe elle permet la rotation autour de son axe d'un tube horizontal ou *porte-jets*, sur lequel sont montés à raccord 3 jets Riley et Raveneau. On peut donc faire converger vers tel point que l'on désire 2 ou 3 jets de chaque côté. Un tube d'alimentation en caoutchouc part du distributeur vers la lance de gauche, un autre tuyau assure la communication du liquide entre les deux lances.

Fonctionnement. — Au début d'un traitement, il est nécessaire de mettre l'appareil en pression. Pour cela on relie la pompe au bât chargé sur l'animal et l'on pompe *en air* jusques à ce que le manomètre marque 1 1/2.

Cela fait, on met l'aspiration sur *liquide* et l'on continue à pomper jusques à la pression 3 *atm* ; on a ainsi introduit environ 30 l de liquide, on détache l'animal et on l'emmène sur le lieu à traiter, il suffit alors d'ouvrir le robinet de bât pour voir les jets entrer en fonction. On a eu soin au préalable de régler leur position de façon à ce qu'ils atteignent les souches dans les conditions les plus favorables. Lorsque l'appareil est vide de liquide, mais toujours sous pression d'air, on ferme le robinet, on le ramène vers la pompe, on s'assure que l'air est à la pression initiale, on l'y remet s'il y a lieu et l'on recharge une nouvelle quantité de bouillie comme il a été dit précédemment.

Vignes échalassées. — Les points d'appui de la lance étant disposés pour pouvoir lui faire occuper deux positions rectangulaires entre elles, il suffit, dans le cas des vignes échalassées, de donner un quart de tour aux lances. Les porte-jets présentent alors, suivant les soins, une disposition verticale ou peu inclinée. On les règle en écartement comme dans le cas de la position horizontale.

Les appareils *Albrand*, *Thomas*, etc., ne diffèrent de l'appareil Vermorel que par divers dispositifs, ne modifiant pas le principe de fonctionnement.

Résultats. — Avec les appareils *à bât*, on peut traiter, d'une façon complète, *6 ha* de vignes basses par jour avec un conducteur et un valet. La charge à porter varie de 120 *kg* au début à 50 *kg* à la fin. Le travail à la pompe ne dure que 1 minute et demie tous les quarts d'heure.

La pulvérisation fine et régulière donne des effets identiques à ceux des meilleurs appareils à traction. On peut opérer en terrains

plats ou accidentés, sans allées ni fourrières. On traite trois rangées à deux jets lors des premiers traitements et deux rangées à trois jets dans les derniers.

On reproche à ces appareils les rechargements trop fréquents dus à la nécessité de limiter la charge de l'animal.

On évite l'inconvénient de mouiller la bête en tendant s'il y a lieu un rideau d'une lance à l'autre.

Le prix de revient, calculé pour trois traitements sur une propriété de 50 *ha*, avec une pompe, deux bâts et trois hommes (un homme servant à la pompe et au remplissage des tonneaux) est 8 fr. 60, soit le même prix que pour les appareils à traction.

CONCLUSION

En résumé, la viticulture possède des instruments de mérite divers, mais dont l'emploi est absolument efficace contre les maladies cryptogamiques si les traitements sont faits à temps.

Dans la petite et dans la moyenne culture, on se sert de l'appareil à hotte. Les appareils à moyen travail conviennent aux vignes à intervalles serrés; enfin, la grande propriété fait usage des appareils à traction ou à bât pour lesquels la simple application des principes mécaniques assez élémentaires a permis de réduire le prix de revient de 50 0/0.

On emploie avec succès les traitements cupriques aux pommiers, aux arbres fruitiers, aux pommes de terre, etc.

Les mêmes appareils, légèrement modifiés, conviennent pour ces usages.

C'est en France, surtout, que les progrès les plus marqués ont été accomplis, soit comme recherches scientifiques, soit comme moyens de défense contre les maladies.

Le mérite des résultats obtenus revient pour la plus grande part à la science et au zèle des éminents directeurs et professeurs de l'École nationale d'agriculture de Montpellier.

NOTE

SUR

LES GRENIERS A SILOS

Par M. A. CORNAILLE

Le Mémoire si intéressant de M. M. Delmas sur la manutention des céréales, publié dans le numéro de juin 1893, contient une inexactitude que, je crois devoir relever, pour l'honneur de notre pays, qui, dans la question des greniers à silos, n'est pas aussi en retard que pourrait le faire supposer la lecture du travail de M. Delmas.

Les greniers que l'on qualifie de *type américain* ont été inventés et construits en France, il y a près de quarante ans.

C'est M. Henri Huart, minotier à Cambrai, qui, reprenant une idée de Philippe de Girard, construisit vers 1850, avec la collaboration d'un Ingénieur civil distingué, M. Gustave Christian, le premier grenier à silos.

M. Huart avait conçu le projet de créer, dans les grands centres de production de céréales, des *greniers d'abondance* où l'on emmagasinerait le blé pendant les bonnes années, pour le rendre à la consommation dans les années de disette. Ces greniers devant avoir recevoir de grandes quantités et les conserver plusieurs années, M. Huart fut amené à emmagasiner le blé sur 7 à 8 *m* d'épaisseur dans des boisseaux ou silos juxtaposés, desservis par des chaines à godets et des vis d'Archimède. Les bandes de transport n'étaient pas encore connues à cette époque.

Les premiers boisseaux de M. Huart étaient carrés, en bois; plus tard, il les fit ronds, en tôle. Le blé s'écoulait lentement par

le bas du cône qui terminait le silo à sa partie inférieure, et était remonté et rejeté soit dans le même silo, soit dans un silo voisin, après avoir subi, dans le trajet, une ventilation.

C'est ainsi que furent construits, vers 1854, les magasins de la Manutention militaire du quai Debilly, incendiés depuis, mais qui, si je ne me trompe, ont été reconstruits sur le même modèle.

Le mouvement était donné ; il ne devait pas s'arrêter là.

En 1856, M. Leconte-Dupond, d'Estaires, expérimentant l'appareil imaginé par M. Salaville pour assainir les blés avariés ou charançonnés, fut amené, lui aussi, à emmagasiner les blés sur une grande hauteur, mais dans un autre ordre d'idées.

M. Huart était parti de ce principe que, pour conserver le blé en grande masse et le préserver des charançons, il fallait le mettre en mouvement.

M. Leconte-Dupond, au contraire, laissait le blé immobile, se contentant de le faire traverser par un courant d'air qui, si faible fût-il, suffisait à préserver le blé de tout échauffement et, par suite, des charançons. Le grenier que M. Leconte-Dupond construisit à Estaire, avec élévateur déchargeant directement les bateaux venus par la Lys, se composait de chambres carrées, en maçonnerie, de 7 *m* de côté, dont le fond horizontal était formé par des feuilles de tôle perforée reposant sur un système de poutres en fer et sous lesquelles un ventilateur comprimait de l'air qui s'échappait lentement à travers le blé emmagasiné sur 7 à 8 *m* de hauteur. Ces silos pouvaient recevoir 20 000 *qtx* de blé et la chaîne à godets déchargeait 100 *qtx* à l'heure.

L'année suivante, M. Schotsmans, de Don, construisit ses docks dans le même genre, mais beaucoup plus importants, avec bandes de transport et norias pouvant décharger un grand bateau dans une seule journée. Leur contenance est de 60 000 *qtx* dans dix-huit silos.

En 1871, M. Leconte-Dupond fit construire à Dunkerque des greniers comportant vingt et un silos d'une contenance totale de 80 000 *qtx*, avec élévateur pouvant décharger 250 *qtx* à l'heure.

Enfin, en 1872, M. Schotsmans faisait construire, près des grands moulins de Prouvy, un dock important avec silos, sous lequel trois bateaux pouvaient arriver de front et être déchargés simultanément. Sa contenance est de 100 000 *qtx*.

Les moulins de Prouvy écrasent, comme ceux de Don, récemment incendiés, 1 000 *qtx* de blé par jour et peuvent en manipuler 6 000.

Ces dates et ces chiffres, suffisamment éloquents, témoignent de l'esprit d'initiative de la meunerie française, qui ne le cède en rien à la meunerie allemande.

Cette initiative, il est vrai, n'a pas été suivie dans nos grands ports, dont l'outillage, il faut le reconnaître avec M. Delmas, a besoin d'être perfectionné; et, à ce point de vue, je ne saurais trop féliciter M. Delmas de son remarquable travail, qui, en appelant sur cette question l'attention de la Société des Ingénieurs civils, exercera certainement une heureuse influence sur l'avenir de notre commerce maritime.

NOTES

DE

NOS CORRESPONDANTS DE PROVINCE ET DE L'ÉTRANGER

LES ROUTES

ET

LEUR ENTRETIEN AUX ÉTATS-UNIS

PAR

M. H.-D. WOODS

Boston, Mass., le 11 février 1893.

La question de la construction et de l'entretien des grandes routes occupe depuis quelque temps les Ingénieurs et les Législateurs, dans toutes les sections des États-Unis. C'est surtout lorsque la vogue des bicycles et des voyages sur bicycles s'installa chez nous, que le public intéressé commença à réclamer de meilleures routes. A la requête d'un des derniers maires de Boston au Président des États-Unis, une enquête fut ordonnée par tous nos Consuls à l'étranger, sur la condition et l'entretien des routes en Europe, Asie, Afrique et Océanie. Les résultats furent publiés par le gouvernement en 1891. Depuis lors, plusieurs États ont établi une Commission des routes, pour l'étude de la question chez eux. Une Commission d'étude fut établie ici au Massachusetts, l'année dernière, composée d'un avocat (consul de l'union des bicyclistes), d'un Ingénieur (spécialiste en construction de routes) et d'un géologiste renommé de l'État. Cette Commission, nommée en juillet 1892, vient de faire son rapport à la législature, la semaine dernière.

Quoique limités par le temps qu'ils pouvaient consacrer aux recherches et études demandées, ses membres ont fait un rapport très complet sur l'état des routes en général au Massachusetts, et du mode de construction et d'entretien en usage. Après avoir envoyé un questionnaire aux 351 villes et villages de l'État, ils visitèrent douze des principaux centres, où eurent lieu des enquêtes, auxquels se rendirent les agents voyers et autorités des localités environnantes, pour s'entretenir sur la question de savoir ce que réclamaient leurs régions au sujet de routes. De toutes ces études, résulte la recommandation que l'État nomme une Commission permanente de routes, dont l'office serait de construire un certain nombre de routes principales, comme échantillon, pour ainsi dire, afin de montrer aux autorités des villages ce qui peut se faire dans leur région ; et aussi pour former un conseil auquel ces autorités pourraient s'adresser, sans dépenses, pour avoir des renseignements, car la plupart des personnes chargées du maintien des voies et routes ne sont nommées dans chaque ville ou village, que pour une année, et par conséquent n'ont guère le moyen d'apprendre par la pratique ce que réclame la question, et les localités ne voudraient pas laisser entre les mains de personnes nommées en dehors de leur autorité la question des dépenses à faire par elles sur leurs routes.

En général, en dehors des grandes villes, les routes de l'État sont assez mauvaises, tant comme construction que comme entretien et, en bien des cas, la cause en est autant dans la fausse méthode que dans le manque de finances.

On a trouvé que dans les villes, en moyenne 10,6 pour cent des dépenses totales sont employées pour les routes, et que dans les villages la proportion est à peu près la même, 10,8 pour cent. Mais dans beaucoup de régions aucun genre de pavage, ou même de surface roulante, n'est employé. Le terrain naturel, tel qu'il est, avec relèvement périodique vers le milieu de la route, des poussières qui se sont étalées sur les bords, forme une grande partie des voies de communication entre les différentes fermes, et les villages et marchés.

Il y a de 11 à 12 000 *ch* de trait employés, soit un par 12,3 à personnes, tandis qu'en France on compte 1 par 13,6 personnes, et la Commission estime qu'avec de meilleures routes, plus de 9 millions de francs seraient économisés sur l'entretien des chevaux, soit 0,15 *f* par tonne kilométrique. En moyenne, les chargements

en dehors de ceux sur routes aux environs de Boston, ne sont que de 64 pour cent de la charge usitée dans ces environs.

Il y a 32 000 *km* de routes dans l'État, et plus des quatre cinquièmes sont en mauvais état. Près de 28 000 *km* sont en dehors des villes, et la Commission recommande que l'État entreprenne la reconstruction d'environ 2 400 *km* qui seraient mis en premier ordre, soit par emprunt de quelques millions, ou par une addition de un million par an sur la taxe de l'État.

Un devis approximatif est donné du coût au bout de vingt ans, de un mille (1,600 *km*) de route pavée en granite, ou en macadam, comme suit :

	PAVAGE	MACADAM	
	dollars	dollars	
Premier établissement.	23 232,00	9 715,00	
Entretien pour 20 ans.	4 224,00	7 590,00	
Intérêts 4 0/0.....	18 586,00	10 808,00	
	46 042,00	28 113,00	
Soit par an..	3 302,10	1 405,65	par mille (1,600 *km*)
ou par kilom. par an.	7 194,00 *f*	4 392,65 *f*	

soit une économie de 2 800 *f* par an par kilomètre en faveur du pavage.

Le rapport est divisé en cinq chapitres, traitant : de la topographie de la contrée; des matériaux pour routes qui s'y trouvent; de la condition des routes; de la question économique; de la construction des routes.

Le rapport sur les résultats des enquêtes est accompagné, en outre, de quatre cents photographies, prises en divers endroits, sur 900 *km* de routes, et ayant chacune une petite notice descriptive des conditions.

La Législature vient en même temps de recevoir le rapport d'une Commission nommée l'année passée pour étudier la question des réserves à faire pour la protection des cours d'eau et des sources d'approvisionnement des environs de Boston, et l'établissement d'un système complet de parcs. Le territoire considéré comprend plusieurs villes et vingt-quatre villages situés dans un rayon de 16 *km* de l'Hôtel de Ville de Boston. C'est un rapport très complet et volumineux. La population présente du territoire est de 888 000 habitants, ou 1/40e de tout l'État. La recommandation du rapport est la création d'une Commission permanente

des parcs, composée de cinq membres renouvelés un à un chaque année, ainsi qu'un emprunt de 5 millions de francs à 4 0/0, payable en quarante ans, pour subvenir aux dépenses nécessaires; chaque localité serait appelée à repayer les frais à l'État, suivant une proportion variable, qui serait déterminée par une commission de trois membres tous les cinq ans. L'idée serait d'obtenir le contrôle des rives des divers cours d'eau et plages, ainsi que de certaines îles du port, et de deux larges régions qui sont encore boisées, en les réunissant par des promenades dans le genre de celles que la ville de Boston est en train de créer en ce moment-ci (ce qui lui coûtera 5 millions et demi).

La plupart des petites localités ne sont pas en état de dépenser de quoi former des parcs ou terrains boisés dans les centres populeux, et, de plus, elles bénéficient aussi bien des parcs de leurs voisins, de sorte que souvent elles ne voient pas le besoin d'y pourvoir. Mais l'État pourrait parfaitement s'entendre avec les différents partis, et faire les démarches nécessaires, et fort souvent obtenir des terrains qui seraient donnés par leurs propriétaires, sous la réserve qu'ils seraient toujours maintenus comme parcs publics. C'est ainsi que certaines grandes réserves ont déjà été concédées à l'État.

Ce mouvement pour procurer des réserves publiques commence à s'accentuer un peu partout, surtout dans l'est, où l'effet des déboisements irrationnels se fait sentir de plus en plus chaque printemps au moment des débâcles, et on entend de tous côtés parler de propositions pour la préservation des forets, ce à quoi on ne pensait guère il y a vingt ans, ici.

Boston, 11 février 1893.

H.-D. Woods,
Membre correspondant de la Société.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

M. ADOLPHE DE IBARRETA Y FERRER

PAR

M. Auguste MOREAU

Notre Société vient de perdre un de ses membres étrangers les plus distingués dans la personne de M. Adolphe de Ibarreta y Ferrer, Ingénieur en chef de première classe au corps des chemins, ports et canaux d'Espagne.

M. de Ibarreta entre à l'École spéciale du corps en septembre 1849 et en sort en août 1854 Ingénieur de seconde classe. En février 1855, il prend possession de l'arrondissement de Logroño. Il y reste jusqu'en 1861 après avoir été nommé en 1859 Ingénieur de première classe. Puis il passe à l'entreprise de construction de la ligne ferrée de Tudela à Bilbao, chargé de l'importante section de Miranda à Alcmadre, où il se fait remarquer par son zèle et son intelligence dans l'exécution des importants travaux qu'il avait sous sa direction.

En janvier 1862, il est nommé Ingénieur en chef de la construction du chemin de fer de Lisbonne à Oporto sous la direction de l'Ingénieur bien connu don José Salamanca. Pendant le même temps il monte en grade dans sa corporation et se voit nommé Ingénieur en chef de seconde classe au mois d'avril de la même année.

En 1863, il passe en Italie comme directeur des chemins de fer romains, construisant les lignes de Rome à Civita-Vecchia, Naples et Ancône, avec tant de talent qu'il est immédiatement nommé chevalier de l'ordre napolitain de François I^er^ et de celui des saints Maurice et Lazare d'Italie.

Ces lignes terminées, il retourne en Espagne et rentre au service de l'Etat en 1865 comme chef de la division hydrologique de Santander, où il reste jusqu'en 1868. A cette époque, il est appelé à Madrid où il est nommé chef de l'Office des eaux, ports et phares.

En 1869, il est choisi comme membre de la commission chargée de rédiger les projets de lois concernant les travaux publics, eaux, ports et expropriations. Il fait également partie de la délégation chargée de représenter le gouvernement espagnol à l'inauguration du canal de Suez. Tout cela lui vaut, en 1870, les ordres de Charles III et d'Isabelle la Catholique.

En 1871, il est nommé Ingénieur en chef des provinces Basques et se distingue sous toutes les formes en défendant contre les carlistes la place de Bilbao, comme capitaine du génie volontaire, contribuant à prolonger la résistance jusqu'à l'arrivée de l'armée libératrice. Sa récompense fut la croix de deuxième classe du Merite Militaire en 1872. Puis il prend une part active à la fin de la guerre carliste, se fait remarquer par sa belle conduite sous le feu de l'ennemi et reçoit, en 1876, pour ses nombreux et importants services, la croix blanche du Mérite Militaire.

La guerre civile terminée, il prend la direction du chemin de fer de Tudela à Bilbao, jusqu'au moment de la fusion de cette compagnie avec celle du Nord.

De 1876 à 1879, il projette et construit le pont sur le Nervion et le pont metallique sur le Cadagua, tous deux bien connus et modèles du genre comme élégance et solidité.

M. de Ibarreta était un partisan convaincu et un defenseur énergique de la voie étroite, qu'il considérait comme la plus rationnelle dans un pays accidenté comme l'Espagne, et construisit à voie d'un mètre les lignes de Bilbao à Durango, de Durango à Zumaraga, et de Bilbao a las Arenas, réalisant sur les frais de premier établissement toutes les économies compatibles avec la garantie de l'infrastructure.

Ses modestes travaux sur ces questions avaient attiré son attention et furent l'origine de relations qui, de simplement aimables, se changèrent bientôt en une amitié des plus solides, grâce aux fréquents voyages de M. de Ibarreta à Paris.

Le succès des lignes citées plus haut fut colossal et démontra d'une façon patente toutes les prévisions de l'Ingénieur concernant les économies réalisées par l'emploi de la voie étroite : il a eu

l'honneur le premier d'introduire celle-ci en Espagne pour le transport des voyageurs.

Ces importants travaux l'occupèrent de 1879 à 1890; entre temps il était nommé Ingénieur en chef de 1re classe en 1883.

De 1890 à 1891 il fut chargé de l'Office d'Enservation des routes.

En 1892 il était désigné pour représenter le ministre des Travaux publics et le corps des Ingénieurs de l'État au Congrès des chemins de fer de Saint-Pétersbourg. C'est pendant ce voyage que nous reçûmes sa dernière lettre : il gagna en effet, dans la capitale russe, les germes de la maladie qui devait l'emporter à son retour.

Il est difficile, comme on le voit, de rencontrer une carrière plus brillante. Mais ceux qui l'ont connu se rappellent sa vive intelligence et sa grande puissance de travail, le tout accompagné d'une modestie et d'une affabilité sans pareilles. Nous avons personnellement perdu un bon et loyal ami, la Société un membre distingué et dévoué, la France un sincère admirateur.

CHRONIQUE

N° 159.

Sommaire. — Le service hydraulique à l'Exposition de Chicago. — La rupture de l'arbre de l'hélice. — Surveillance des bateaux à vapeur aux Etats-Unis. — Accidents sur les chemins de fer suisses. — Locomotives doubles des chemins de fer mexicains. — Rupture d'un volant.

Le service hydraulique à l'Exposition de Chicago. — L'alimentation d'eau pour le service des fontaines, de l'arrosage et des moteurs à vapeur forme une des parties les plus intéressantes et en même temps les plus importantes de l'Exposition de Chicago. Au début des études, on supposait que la distribution de la ville pourrait fournir l'eau nécessaire ; mais, à mesure que les projets prirent forme, on put se convaincre rapidement que l'énorme volume dont il faudrait disposer rendait cette solution tout à fait inapplicable. On décida donc d'établir une installation spéciale pour fournir directement à l'Exposition toute l'eau qui lui serait nécessaire, à l'exception de l'eau potable.

En conséquence, la Commission exécutive passa avec la Compagnie Worthington un contrat pour la fourniture de machines de puissance suffisante pour fournir 237 000 m³ par jour. Nous croyons intéressant de donner une description sommaire de cette importante installation, telle que nous la trouvons dans les journaux anglais et américains.

La nécessité d'assurer un service aussi essentiel devait écarter tout caractère expérimental dans le choix des machines qui devaient également jouer un rôle important dans le cas d'un incendie, de sorte que la Commission ne crut pouvoir faire mieux que de s'adresser à la Compagnie Worthington qui avait déjà fait des installations semblables aux Expositions de Philadelphie, en 1876, de la Nouvelle-Orléans, en 1884, et de Paris, en 1889. Mais l'importance de l'installation actuelle dépasse tout ce qui avait été fait jusqu'ici. Ainsi, à l'Exposition de Philadelphie, en 1876, la quantité d'eau fournie par jour ne dépassait pas 22 500 m³ ; à Paris, en 1889, la quantité était peu supérieure. Du reste, la situation et l'emplacement de l'Exposition de Chicago, situés au bord du lac Michigan, où l'eau devait être prise, se prêtait d'une manière parfaite à l'importance de l'installation.

Le bâtiment des machines fait face à la Grande Place, à l'angle sud-est du Palais des Arts mécaniques. C'est une construction à deux étages en briques, qui sera probablement conservée comme ornement du Parc après l'Exposition. Le bâtiment est décoré extérieurement avec des médaillons formes des portraits d'Ingénieurs qui ont laissé un nom dans les travaux relatifs aux distributions d'eau. L'étage supérieur contiendra des salons de réception pour les visiteurs intéressés dans cette question.

Le bâtiment contient non seulement les machines élévatoires de l'Exposition, mais la Compagnie Worthington s'y est réservé un espace de

Les diamètres sont : haute pression, 0,242, intermédiaire 0,381, basse pression 0,636, plongeurs 0,280, course commune à tous 1,220. La distribution s'opère par des organes Corliss, avec détente variable sur les cylindres à haute pression ; les cylindres intermédiaires et les cylindres à basse pression ont seuls des enveloppes de vapeur. La condensation s'opère dans un condenseur à pompes à air indépendantes au nombre de deux, de 0,228 de diamètre, actionnées par deux cylindres à vapeur à simple effet de 0,305, la course commune étant de 0,253. Le conduit de vapeur de la machine a 0,102, les tuyaux d'aspiration 0,610 et les tuyaux de refoulement 0,508 de diamètre. Cette machine est donnée pour une puissance de 190 *chx* ; elle doit débiter 19 000 m^3 par vingt-quatre heures.

L'élévation d'eau potable sera fournie par la station de la soixante-huitième rue des eaux de Chicago, où est installée une machine Worthington à grande utilisation, pouvant débiter 57 000 m^3 par vingt-quatre heures et en tout semblable comme construction, à la première machine horizontale de l'Exposition. Les dimensions des cylindres sont plus grandes ; ils ont, haute pression 0,838, basse pression 1,676 *m*, pistons des pompes 0,762 de diamètre, course commune à tous 1,27 *m*.

Les machines élévatoires de l'Exposition doivent fonctionner avec une charge de 70 *m* d'eau, au maximum.

La rupture de l'arbre de l'Umbria. — Dans la Chronique de février, page 327, en décrivant l'accident arrivé à l'arbre du paquebot *Umbria* et la remarquable réparation qui lui a permis d'atteindre New-York par ses propres moyens, nous indiquions que le même mode de réparation renforcé devait servir pour le retour en Angleterre. Il n'en a pas été ainsi ; on a jugé sans doute que cette méthode qui, ainsi que nous l'expliquions, ne maintenait pas par elle-même l'arbre dans le sens vertical et nécessitait l'emploi de dispositifs auxiliaires, tels qu'une chaine de soutien, ne présenterait pas assez de garantie pour une traversée devant durer, à vitesse réduite, de 10 à 12 jours. Le mécanicien en chef, M. Tomlinson, préféra opérer une réparation d'un caractère plus complet et qui pourrait, à la rigueur, servir beaucoup plus longtemps. Cette réparation a consisté à supprimer la partie fracturée de l'arbre et à la remplacer par un tronçon neuf terminé par des collets qu'on boulonnerait aux collets de buttée des parties adjacentes. Ce travail a été opéré dans des conditions qui le rendent tout aussi intéressant que la réparation décrite précédemment.

L'opération exécutée à bord consistait donc à couper l'arbre de l'helice au ras des collets, dans deux endroits distants de 0,66 *m* et à insérer entre les deux sections ainsi pratiquées un tronçon de cette même longueur fabriqué au dehors.

La première chose à faire, et qui n'était pas la plus facile, était la double section de l'arbre de 0,635 *m* de diamètre dans des conditions peu commodes, cet arbre étant logé dans un tunnel de dimensions médiocres et n'étant abordable que sur la moitié à peu près de sa section, le reste étant contenu dans le palier de buttée. On s'est servi d'une machine à percer à deux mèches, dont l'écartement était précisément celui des

deux sections à opérer. Cette machine du poids de 450 *kg*, était boulonnée au palier et recevait le mouvement par une courroie d'une petite machine à vapeur, placée à côté et alimentée par la chaudière des treuils. On perçait avec cette machine, dans chaque section, des trous parallèles de 35 *mm* de diamètre, mordant légèrement l'un sur l'autre, de manière à produire la section complète de l'arbre. Ces trous étaient d'abord percés jusqu'au centre de l'arbre. Ceci fait, on retourna l'arbre de 180 degrés au moyen du vireur et on perça les trous sur la face opposée, jusqu'à la rencontre des premiers. L'arbre fut ensuite tourné encore deux fois de 90 degrés, pour achever de percer de la même manière les deux segments restants, et la double section fut terminée. Il avait fallu percer 20,24 *m* de trous de 35 *mm* et enlever par conséquent un poids de metal de 160 *kg* en nombres ronds. Ce travail avait demandé sept journées de vingt-quatre heures.

L'opération suivante consistait à dresser les deux faces ainsi obtenues et à percer les trous des boulons dans les collets terminant les portions d'arbre restantes. Ce travail présentait de grandes difficultés, vu l'espace très restreint 0,660, existant entre les faces en regard. On l'opéra au moyen d'une machine spécialement construite pour cet objet et pesant 700 *kg*.

Il y avait 24 trous à percer pour boulons de 60 *mm*. Il fallut opérer à vingt-sept rotations partielles de l'arbre. Le travail demanda trois journées de vingt-quatre heures.

Pour éviter à ces boulons tout effort de cisaillement, on pratiqua sur les faces des arbres des rainures pour recevoir des clavettes engagées, moitié dans les arbres, moitié dans le tronçon du milieu ; ces clavettes avaient 0,925 *m* de longueur, cette longueur égale au diamètre de l'arbre à l'intérieur des collets, 0,102 *m* de longueur et 20 *mm* d'épaisseur. Ces rainures furent pratiquées au moyen d'une machine spéciale du poids de 450 *kg*.

Pendant qu'on faisait à bord le travail dont nous venons de parler, on fabriquait aux forges de Paterson (New-Jersey) la pièce intermédiaire de l'arbre ; cette pièce fut forgée, tournée et ajustée en dix jours.

La réparation ainsi effectuée, l'*Umbria* put repartir de New-York le 30 janvier et arriver le 4 février dans la Mersey. La traversée avait dû nécessairement se faire à vitesse un peu réduite pour tenir compte de l'absence de 6 des 13 collets de butée supprimés par la réparation. A la première nouvelle de l'accident, la Compagnie Cunard avait commandé aux forges de Vickers, à Sheffield, un nouvel arbre destiné à remplacer l'arbre avarié.

Cet arbre a été forgé à la presse hydraulique, avec un lingot pesant 30 t. Il a 6,10 *m* de longueur, 0,635 *m* de diamètre au corps et 0,915 *m* à l'intérieur des collets. L'arbre avarié datait de 1884, époque de la construction de l'*Umbria* ; il a donc duré huit ans.

Surveillance des bateaux à vapeur aux États-Unis. — Les dangers de la navigation fluviale à vapeur étaient autrefois légendaires aux États-Unis. Les choses paraissent avoir bien changé, grâce à un contrôle plus actif, et l'efficacité de la loi sur la surveillance des

bateaux à vapeur, entrée en vigueur le 28 février 1871, est mise en lumière par les chiffres suivants extraits du rapport du service du contrôle.

Pendant la période de vingt et un ans écoulée depuis la mise en vigueur de la loi actuelle jusqu'à la date du rapport, le nombre total des vapeurs soumis à l'inspection a passé de 3 102, représentant un tonnage brut total de 942 272 *t* inspectés en 1870, la dernière année du régime de la loi de 1852 à 7 762, représentant un tonnage brut de 2 000 533 *t* pour l'année fiscale qui a fini le 30 juin 1892.

Pendant les dix-neuf années où la loi de 1852 a été en vigueur, il y a eu 1 504 accidents de bateaux à vapeur, ayant amené la mort de 9 320 personnes, soit en moyenne 490 tués par an.

Malgré l'énorme accroissement indiqué plus haut du nombre des bateaux à vapeur, il n'y a eu dans la période qui s'est écoulée depuis 1871 que 729 accidents ayant causé la mort de 5 057 personnes, soit 240 en moyenne par an.

Le nombre des voyageurs a passé de 122 589 130 pour 1870 à 650 millions pour 1892. La moyenne des tués, qui était en 1870 de 1 pour 250 180 voyageurs, est donc descendue en 1892 à 1 pour 2 708 333, soit dans le rapport de 11 à 1. Si on compare ces chiffres à ceux qui ont été relevés en 1892 sur les chemins de fer des États-Unis, où il y a eu 293 voyageurs tués sur un total de 530 millions, soit 1 sur 1 810 000, on voit que la sécurité est plus grande sur les bateaux à vapeur. Cet heureux résultat est dû, en très grande partie, à l'amélioration du contrôle et de la surveillance.

Accidents sur les chemins de fer suisses. — La réputation de sécurité pour ainsi dire proverbiale sur les chemins de fer suisses a été cruellement démentie en 1891, par suite des deux catastrophes de Mœnchenstein et de Zollikofen, survenues à quelques semaines d'intervalle l'une de l'autre. La statistique des chemins de fer suisses pour 1891, récemment parue, nous donne sur ce sujet des indications très intéressantes.

Il y avait en 1891 trente-six administrations de chemins de fer à voie large et étroite, à adhérence et à crémaillère, non compris les funiculaires et les tramways, lesquelles représentaient un développement total de 3 301 *km*.

L'exploitation de ces lignes a donné lieu, en 1891, à 691 accidents, dont 82 dus à des déraillements, 35 à des collisions et 574 à des causes diverses.

A la suite de ces accidents, il y a eu 150 personnes tuées, dont 100 voyageurs, 33 agents des chemins de fer et 17 personnes étrangères, et 819 blessés, dont 321 voyageurs, 478 agents et 20 personnes étrangères; ce à quoi il faut ajouter 16 suicides.

Si l'on rapporte le nombre des personnes injuriées à des bases capables d'en faire ressortir l'importance, on trouve que, pour 1 million de voyageurs transportés, il y a eu, en 1891, 2,87 voyageurs tués et 9,21 blessés; 0,18 agents des trains tués et 1,91 blessés par 100 000 *km* de

parcours de locomotives, et, enfin, 0,52 personne étrangère tuée et 0,61 blessée par 100 km de lignes.

La proportion énorme des voyageurs tués et blessés tient aux deux catastrophes que nous avons mentionnées. En effet, si nous nous reportons aux statistiques de l'année précédente 1890, nous trouvons 534 accidents au lieu de 691, mais l'effet de ces accidents a été bien différent : il n'y a eu, par million de voyageurs transportés, que 0,22 tués et 0,68 blessés, au lieu de 2,87 et 9,21, c'est-à-dire bien moins du dixième; il y a eu 0,08 agents tués et 1,40 blessés par 100 000 km de parcours de locomotives, au lieu de 0,18 et 1,91; la différence devient déjà bien moindre; et, enfin, 0,69 personne étrangère tuée et 0,97 blessée par 100 km de ligne, au lieu de 0,52 et 0,61, la différence passant cette fois dans l'autre sens, les grandes catastrophes n'ayant pas eu d'influence sur ces chiffres.

Sur les treize funiculaires, il n'y a eu qu'un accident ayant entraîné la mort d'une personne dont la qualité n'est pas indiquée, accident survenu sur le Lausanne-Ouchy; ce qui fait un mort pour 1 815 000 voyageurs transportés, ou 0,55 par million, chiffre très rassurant pour des gens d'une hardiesse souvent un peu effrayante.

Enfin, les six administrations de tramways ont eu 13 accidents avec 1 morts et 7 blessés, ce qui fait 1 mort pour 3 136 000 voyageurs transportés ou 0,31 par million.

Il est nécessaire de faire remarquer, au sujet du chiffre relativement élevé des accidents survenus sur les chemins de fer proprement dits, que l'élévation de ce chiffre tient à ce que les statistiques suisses enregistrent tous les accidents, même ceux n'ayant pas atteint des personnes, tandis que, dans d'autres pays, on ne tient compte que de ceux qui ont entraîné la mort ou des blessures.

Les proportions de 0,22 tué et 0,68 blessé par million de voyageurs pour 1890 n'ont rien que de normal, car on trouve pour l'année 1890-91, pour l'ensemble de tous les chemins de fer allemands, celles de 0,108 et 0,5, et pour les chemins de fer de la Grande-Bretagne, en 1891, celles 0,122 et 1,90.

Les chiffres indiquent, toutefois, une répartition différente entre les tués et les blessés. En Suisse, il y aurait eu 3 blessés pour 1 tué, en Allemagne 2 et dans la Grande-Bretagne 15, pour les années considérées, ce qui semblerait indiquer pour le premier pays une nature généralement plus grave des accidents, au moins pour ces années; il faudrait, toutefois, des comparaisons portant sur un grand nombre d'années pour pouvoir formuler une conclusion, et, d'ailleurs, on doit être d'autant plus réservé pour le faire, que les statistiques ne sont pas tenues de la même façon dans les divers pays.

Locomotives doubles des chemins de fer mexicains. — Nous avons donné, dans la Chronique de juin 1889, page 970, quelques renseignements sur les grosses locomotives Fairlie à six essieux, pesant en service avec leurs approvisionnements au complet, construites par Neilson, à Glasgow, pour les chemins de fer mexicains.

Ces machines donnent de bons résultats; mais la complication du

tuyautage et la difficulté de le tenir étanche sont des objections sérieuses à leur emploi; d'autre part, le profil très accidenté du chemin de fer Central Mexicain, surtout dans la division de Tampico, et les courbes de faible rayon qu'on y rencontre, rendent l'usage du système ordinaire difficile pour de puissantes machines.

L'Ingénieur du matériel de la ligne, M. F. W. Johnstone, a cherché à tourner la difficulté en combinant un système très original et très ingénieux, d'après lequel il a fait construire trois machines aux ateliers de Rhode Island (Providence). Comme ces machines sont les plus grosses locomotives qui existent au monde, nous croyons utile de faire connaître le principe de leur disposition.

Disons d'abord que ces machines appartiennent au système compound, mais il y est réalisé, sous une forme propre à M. Johnstone et déjà appliqué par lui à quelques machines ordinaires du chemin de fer Central Mexicain. Dans cette disposition, les cylindres sont placés l'un dans l'autre, le petit au centre et le grand, de forme annulaire, autour du premier; le piston central a une tige et le piston annulaire, qui a, bien entendu, une garniture extérieure et une garniture intérieure a deux tiges; les trois tiges sont attelées sur une traverse qui commande au centre la bielle motrice. Un tiroir unique de très grandes dimensions, disposé d'une manière spéciale dont la description nous conduirait trop loin et convenablement équilibré, distribue la vapeur dans les deux cylindres, dont l'intérieur a ses conduits disposés dans les plateaux. Cette forme a été employée, il y a une vingtaine d'années, sur les bateaux et, plus anciennement encore, sur les machines fixes (1). La plus grande objection qu'on puisse lui faire, en dehors de la difficulté d'ajustage et de la complication, est le développement exagéré qu'elle donne aux surfaces des parois du grand cylindre qui, déjà plus grandes a l'extérieur qu'elles ne devraient l'être par suite de la présence du cylindre intérieur, se voient encore augmentées de la surface intérieure. L'avantage de la protection du petit cylindre par cette enveloppe, invoqué par l'auteur, ne paraît pas devoir compenser cet inconvénient qui est très grave, à cause de l'action thermique des parois du cylindre a basse pression.

On a du reste renoncé depuis longtemps à l'emploi de cet arrangement dans les machines de terre et de mer.

Les nouvelles locomotives de M. Johnstone ont deux chaudières séparées et non une chaudière double, comme les machines Fairlie. Ces chaudières se regardent par les foyers avec un intervalle très faible non suffisant pour permettre la communication d'un côté à l'autre; elles reposent sur deux forts longerons qui ont toute la longueur de la machine, longueur qui atteint environ 17 *m* à l'extérieur des traverses de tête. La machine est entièrement symétrique pour l'avant et l'arrière. L'ensemble des chaudières et des longerons repose par des pivots sphériques sur deux trucks à trois essieux précédés chacun, du côté des extrémités de la machine, d'un bissel à un essieu porteur rattaché au châssis du truck.

(1) Société des Ingénieurs civils, année 1873, p. 790 et 824, et Pl. 56, fig. 5.

Ce qui distingue absolument ce système du système Fairlie et des systèmes analogues est que les cylindres moteurs ne sont pas portés sur le châssis des trucks, mais bien sur les longerons fixes de la machine. Cette disposition permet de relier ces cylindres aux chaudières et aux boîtes à fumée par des conduites fixes sans emploi de joints articulés. Mais, en revanche, elle oblige à employer des dispositifs spéciaux nécessairement assez compliqués pour faire commander les roues des trucks roulant par les pistons des cylindres fixes. M. Johnstone emploie pour résoudre le problème une transmission de mouvement originale et ingénieuse dont nous allons tâcher de donner une idée aussi exacte qu'on peut le faire sans l'aide de figures.

Les trois essieux de chaque truck portent des roues de même diamètre couplées par des bielles d'accouplement extérieures, l'essieu du milieu étant moteur et porte à chaque extrémité une double manivelle dont les deux boutons de chaque côté se trouvent calés à 180 degrés, comme dans la locomotive bien connue *duplex* de la Société Autrichienne des chemins de fer de l'État, exposée à Londres en 1862. Un de ces boutons, celui qui porte la bielle d'accouplement, reçoit la grosse tête de la bielle motrice et le bouton extérieur la tête d'une bielle semblable dont nous ferons comprendre l'action plus loin.

La tige du piston, ou plutôt les trois tiges des deux pistons, puisqu'il y a deux cylindres placés l'un dans l'autre, comme on l'a expliqué plus haut, sont rattachées à une courte traverse, actionnent par une articulation leur milieu d'une traverse qui se trouve verticale dans les conditions normales et se meut parallèlement à elle-même avec les pistons. La partie inférieure de cette traverse reçoit la petite tête de la bielle motrice. On comprend dès lors que le système ne peut agir qu'à la condition que la partie supérieure de la traverse ait le même déplacement que la partie inférieure ; ce déplacement lui est donné par l'extrémité supérieure d'un balancier vertical de même longueur que la traverse, oscillant en son milieu et actionné à son extrémité inférieure par la bielle se rattachant au bouton calé à 180 degrés du bouton de la bielle motrice. Il résulte de cette disposition que la traverse se déplace parallèlement à elle-même en restant verticale lorsque la machine est en alignement et qu'elle s'incline dans un sens ou dans l'autre tout en se déplaçant toujours parallèlement à elle-même lorsque la machine est en courbe; le mouvement peut donc se communiquer des pistons aux boutons de manivelles par bielles malgré le déplacement angulaire des trucks par rapport aux cylindres fixes. Les coussinets des têtes de bielle portent des articulations sphériques qui produisent le même effet que des portées sphériques sans avoir les inconvénients de celles-ci.

A cause du déplacement des roues par rapport aux cylindres, il a fallu employer pour la commande des distributions des mécanismes ne prenant aucun mouvement sur les essieux. On eut pu se servir de la disposition de M. Stevart qui fait commander la coulisse Walschaerts d'une des machines par le piston de l'autre machine. M. Johnstone a eu recours à un arrangement de son invention d'une extrême complication pour une distribution radiale et dont les personnes que la question intéresse pourront se rendre compte, comme des autres dispositions

de la machine, par les dessins insérés dans le numéro du 26 mars 1892 de l'*Engineering News*.

Les distributions des quatre cylindres ou plutôt des quatre groupes de cylindres sont commandées par une seule manœuvre à main formée d'un levier terminé par un volant à pignon engrenant sur un cercle denté.

Il nous reste peu de choses à dire avant de donner les dimensions principales de ces énormes locomotives. Les chaudières sont en acier ainsi que les foyers, les ciels entretoisés avec les enveloppes. Les roues sont en fonte avec des bandages en acier Krupp; les bandages des essieux du milieu ou moteurs n'ont pas de boudins. Les caisses à eau sont sur les côtés et sur le sommet de la chaudière vers la partie centrale. Les chaudières et les cylindres sont enveloppés de bois recouvert d'une tôle. Il y a pour l'alimentation deux injecteurs Sellers et deux Friedmann. Il y a un frein automatique à air comprimé agissant sur toutes les roues motrices et accouplées.

Voici les dimensions principales de ces locomotives :

Diamètre minimum du corps cylindrique	1,380 m
Nombre total de tubes	402
Diamètre extérieur des tubes	0,050
Longueur des tubes	4,750
Hauteur de l'axe de la chaudière au-dessus du rail	2,210
Surface de grille des deux chaudières	4,00 m²
— de chauffe directe —	23.44
— — tubulaire —	299,00
— — totale —	322,44
Pression de la vapeur	13 *kg*
Diamètre des pistons à haute pression	0,330
— extérieur à basse pression	0,712
— intérieur —	0,429
Rapport des volumes des cylindres	1 à 3
Course des pistons	0,610
Ecartement d'axe en axe des cylindres	2,110
Diamètre au contact des roues motrices	1,220
— — des roues de support	0,710
Écartement des essieux accouplés de chaque truck	2,540
— — — extrêmes	14,000
Capacité des caisses à eau	11 500 *kg*
— des soutes à charbon	4 500
Poids de la machine vide	90 000
— total en service	113 250
Poids adhérent	95 000

En estimant que l'effort de traction peut atteindre le cinquième du poids adhérent minimum, ce qui est modéré pour les Américains qui comptent volontiers le quart, on trouverait un effort de 16 000 *kg* en nombres ronds que les dimensions des cylindres permettraient d'ailleurs de produire. A raison de 4 *chx* par mètre carré de surface de chauffe

t. tale, ces machines développeraient 1 300 *chx* environ, ce qui leur permettrait de soutenir cet énorme effort à la vitesse de 22 *km* à l'heure.

Il faudra voir du reste comment se comporteront en pratique ces colossales machines. *A priori*, il est bien difficile de se défendre de quelque effroi vis-à-vis d'une solution qui implique l'emploi de 2 chaudières, 16 roues, 8 cylindres, 12 tiges de pistons, 8 bielles motrices et une quantité prodigieuse de pièces accessoires, soit en tout plus qu'il n'en faudrait pour constituer deux locomotives complètes. Il faut que l'appréhension qu'inspirent à M. Johnstone les tuyaux articulés de la machine Fairlie soit basée sur des faits bien réels pour qu'il n'ait pas craint de se lancer dans une aussi terrible complication pour échapper à cet inconvénient. Or, comme le dit fort justement l'*Engineering News* dans le numéro déjà cité, si le tuyautage articulé est le point faible de la machine Fairlie, il est bien certain que, en revanche, la machine Johnstone prête singulièrement le flanc par la disposition si compliquée de sa transmission de mouvement.

Rupture d'un volant. — Les journaux américains enregistrent fréquemment des ruptures de volants. Dans les premiers jours de mars de cette année, le volant de la machine fixe du nouveau tramway électrique de Lowell (Massachusetts) s'est brisé. Cette machine est une compound à deux cylindres de 0,507 m et 0,915 m de diamètre et 1,22 m de course, construit par Cooper et Cie de Mount-Vernon, et actionne deux génératrices Thomson-Houston. Le volant avait 6,10 m de diamètre et 1,22 m de largeur de jante, et commandait une poulie de 1,045 m. Ce volant pesait 30 *t* et tournait à soixante-douze tours par minute.

On ignore la cause précise de l'accident, car le seul homme qui aurait pu donner des renseignements a été tué dans la catastrophe. Néanmoins, comme on a trouvé les armatures des dynamos brûlées et la prise de vapeur à moitié fermée, on suppose qu'il s'est produit un court circuit et que la résistance se trouvant brusquement supprimée, la machine s'est emportée, le régulateur n'ayant pas fonctionné pour une cause ou pour une autre, comme cela arrive quelquefois ainsi que nous avons déjà eu occasion de le signaler.

La manière dont le volant s'est brisé est à noter. Les bras au nombre de dix étaient terminés par une embase perpendiculaire au rayon, laquelle embase était attachée par quatre boulons à la jante du volant. Les bras ont tous été trouvés cassés à la jonction du corps du bras avec l'embase sans qu'aucun des boulons eut souffert. On doit admettre que le mode d'assemblage est défectueux ou que les sections n'étaient pas suffisantes.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

JANVIER 1893

Liste des membres titulaires, des membres honoraires et des membres correspondants pour l'exercice 1893.

État financier. — Rapport sur les comptes de l'exercice 1891.

Rapport de M. BIENAYMÉ, sur le **graisseur** présenté par M. G. DORIAN.

Ce graisseur appartient à la classe des graisseurs mécaniques continus, dans laquelle l'huile est pressée par un piston qui avance d'une petite quantité à chaque tour de la machine. La tige filetée de ce piston est mue par une roue à vis sans fin dont le cliquet est actionné par une pièce mobile de la machine. Le piston peut être dégagé de cette commande et actionné à la main pour forcer le graissage en cas de besoin. Cette précaution dispense d'avoir dans certains cas des graisseurs ordinaires pour parer aux insuffisances de graissage.

Une des particularités de cet appareil est d'avoir le piston garni d'une feuille de cuivre emboutie au lieu d'un cuir.

L'inventeur a étudié des dispositions spéciales pour appliquer son appareil aux locomotives où il est nécessaire que le graissage fonctionne à régulateur ouvert et à régulateur fermé.

En résumé, ce système de graisseur est ingénieux et donne de bons résultats. Il a déjà reçu un certain nombre d'applications.

Conférence sur l'**exploitation et l'enrichissement des craies et sables phosphatés**, par M. L. LINDET.

Les carrières françaises produisent à peu près 500 000 *t* de phosphate par an. Les principaux gisements pour les nodules sont dans la Meuse, les Ardennes et le Pas-de-Calais et pour les phosphorites dans le Lot. Les gisements à craie et sable phosphaté se trouvent dans la Somme, le Nord, l'Oise et l'Aisne. La situation de ces derniers offre un intérêt particulier.

En effet, pour obtenir rapidement des bénéfices capables de couvrir les dépenses d'achat ou de location des carrières, on a exploité trop largement et on a enlevé d'abord les produits riches, laissant à l'avenir les produits médiocres et les produits pauvres. Or cet avenir est le présent d'aujourd'hui. On sera donc conduit, et on l'est même déjà, à enrichir les sables pauvres argileux et également la craie phosphatée ; ce sont les méthodes employées à cet effet qui font le sujet de cette note.

Ces méthodes sont basées sur la différence de densité que présentent, au sein de l'eau, les grains de phosphate de chaux, d'une part, et de l'autre, le carbonate de chaux et l'argile ; on procède donc par lévigation et par décantation. Il y a également d'autres méthodes qui procèdent par calcination de la craie ou par des réactions chimiques, mais ces procédés sont coûteux et ne pourraient avoir de chances de succès que si les prix des phosphates venaient à se relever.

La note décrit les appareils employés pour effectuer les diverses opérations, ainsi que le séchage qui s'opère dans des fours de formes variées et dans des séchoirs.

L'auteur termine ce travail très intéressant par une curieuse remarque. Tout l'acide phosphorique semé sur nos terres est enlevé par les récoltes et retourne à la terre sous forme d'engrais ; il n'y a donc de perdu pour l'agriculture que la quantité d'acide phosphorique logé dans les os humains et immobilisé dans les cimetières. Si on estime à 600 *t* par an, correspondant à 2 000 *t* de phosphate de chaux cette quantité, on trouve que cette perte s'applique à 490 000 *t* extraites annuellement des carrières ; reste donc 488 000 *t*. Cette énorme quantité, où passe-t-elle ? Elle sert d'abord à suppléer aux pertes inévitables ; ensuite elle contribue à former le fonds de roulement que nécessite le cycle de la végétation, et enfin elle constitue pour les terrains qui en sont dépourvus, pour les sols granitiques, par exemple, un capital de réserve. Il en résulte que, lorsqu'on ne perdra plus rien et que le capital de réserve sera constitué partout, la consommation annuelle de phosphate devra être réduite aux 2 000 *t* indiquées plus haut, qui représentent l'acide phosphorique enseveli avec les morts.

Le cas est donc bien différent de celui des combustibles minéraux, du pétrole, etc., et il n'y a pas la même préoccupation à avoir pour l'épuisement des gisements de phosphates naturels.

La culture de la betterave en Allemagne, par M. Albert H. Washburn, agent commercial des États-Unis, à Magdebourg. (Traduit des *Reports from the consuls of United States.*)

Cette note contient des appréciations sur le climat et la nature des terrains de l'Allemagne au point de vue de la culture de la betterave et des renseignements sur les engrais, le choix des graines et la culture de cette plante.

Préparation mécanique des cartons Jacquart. (Extrait de *Iron.*)

Il s'agit du système Pearson et Godward, qui a pour but de suppléer aux difficultés et aux pertes de temps qu'occasionne l'emploi des cartons de la mécanique Jacquart. Le principe de ce nouveau système est le tracé du dessin sur une feuille de caoutchouc qui permet l'agrandissement et la réduction. Le dessin est tracé avec une couleur qui reste humide ; si on place dessus une feuille de zinc finement perforée, le dessin est reporté sur la feuille. On passe alors dessus un enduit opaque qui bouche les trous en dehors des lignes du dessin et laisse ceux de ce dessin ouverts. Cette feuille sert de modèle pour le perçement des cartons.

les aiguilles ne pouvant passer que dans les trous ouverts. Cette machine, qui agit automatiquement, permet une très grande rapidité et donne une économie considérable. On ne l'a appliquée jusqu'ici qu'à la préparation des cartons pour rideaux de dentelles et autres articles similaires, mais elle peut être facilement utilisée dans la fabrication des tissus de tous genres.

Des dangers auxquels expose l'**emploi des gaz à haute pression**, par C.-F. Budenberg et W.-E. Heyr.

Il s'agit de l'explosion de récipients contenant des gaz comprimés. Il semble résulter de quelques observations que, lorsque le gaz s'échappe rapidement de ces récipients, le frottement qui en résulte élève la température et que cette élévation peut être assez grande pour combiner l'oxygène, s'il s'en trouve, avec certaines matières organiques et produire des explosions. Du reste, même avec des gaz inertes, il peut se produire par l'échauffement une pression de beaucoup supérieure à la pression primitive.

Dans cet article, extrait du *Journal of the Society of chemical industry*, on indique les principales précautions à prendre pour éviter tout risque d'explosion dans ces conditions.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Janvier 1893.

Notice sur les **travaux d'amélioration de l'embouchure du Danube** et du bras de Soulina, 1857-1891, par M. Voisin Bey, inspecteur général des Ponts et Chaussées en retraite.

On sait que les travaux d'amélioration de l'embouchure du Danube ont été arrêtés et exécutés sous la direction d'une Commission européenne constituée en vertu de l'article 16 du traité de Paris du 30 mars 1856 et d'après un programme tracé par cette Commission. Dès sa constitution, la Commission avait nommé comme Ingénieur en chef des travaux M. C. A. Hartley, Ingénieur anglais.

D'après ce programme, il fut entrepris une série d'études et de travaux préparatoires, lesquels sont consignés dans le rapport très circonstancié de l'Ingénieur en chef, en date du 17 octobre 1857, rapport dont un résumé très étendu est donné dans la présente note.

Ces études et travaux préparatoires permirent de choisir définitivement l'embouchure de Saint-Georges et d'élaborer le projet définitif; mais ce fut sur ce dernier point que les divergences se produisirent, et après des péripéties qu'il serait sans intérêt de rapporter, on décida d'ajourner les travaux dans la branche choisie d'un commun accord pour faire ceux de la branche de Soulina, lesquels, entrepris d'abord a

... provisoire, furent convertis en ouvrages permanents, conformément aux projets élaborés par sir Charles Hartley.

Les travaux d'amélioration de la branche de Soulina se divisent en travaux provisoires, période de 1857 à 1865, et travaux définitifs, période de 1865 à 1871, période de 1872 à 1886 et période de 1887 à 1891. A côté de ces travaux, consistant principalement dans la construction de jetées, d'abord en pilotis, puis en maçonnerie, de quais, etc., prennent place les travaux fluviaux, d'une importance considérable, savoir : coupures, enlèvement de bas-fonds, dragages, endiguements et des travaux divers, tels qu'enlèvement d'épaves, balisage et éclairage, construction de quais et de bâtiments, etc.

Les travaux ont été effectués par des ressources financières provenant d'emprunts amortis par les produits de la perception des taxes. Les dépenses s'étaient élevées, au 31 décembre 1890, à près de 26 millions de francs pour le service technique et les travaux.

Cette note est accompagnée, sous forme d'annexes, de quantité de documents officiels relatifs à la constitution de la Commission européenne, à l'exécution des travaux et aux résultats obtenus.

On peut considérer ces travaux comme ayant remporté un double succès, d'abord au point de vue technique, comme ayant permis de créer et d'entretenir une profondeur normale de 6,25 m, puis au point de vue financier, le produit des taxes perçues sur les navires ayant suffi, malgré des réductions successives de tarifs, plus de moitié depuis l'origine, à amortir les emprunts contractés pour faire face aux dépenses et même pour constituer un fonds de réserve destiné à parer aux éventualités de l'avenir.

ANNALES DES MINES

12e livraison de 1892.

Le grisou aux mines d'Anzin, par M. A. François, Ingénieur en chef des mines d'Anzin.

Cette deuxième partie est relative à l'historique de la ventilation artificielle depuis 1852, qui comprend l'installation des premiers ventilateurs, les essais de la lampe Dubrulle et un certain nombre d'accidents, surtout dans les fosses aérées par foyers. De 1852 à 1874, l'extraction était passée de 720 000 *t* à 2 millions et le nombre d'ouvriers de 3 000 à 12 000. Pendant cette période, 17 accidents avaient fait 116 victimes, dont 71 tués.

Pendant la période de 1874 à 1883, on a surtout appliqué le principe de la prévention des explosions de grisou par l'emploi de ventilateurs puissants et de galeries d'exploitation suffisamment larges et bien entretenues.

Dans la période de 1884 à 1892, on peut signaler l'introduction de la

lampe Marsaut, qui, d'abord mal accueillie, fut, après expérience concluante, définitivement adoptée; l'emploi du ventilateur Ser, la suppression des derniers foyers et l'apparition des explosifs de sûreté.

La conclusion de ce remarquable travail est que la ventilation énergique des mines assure non seulement la santé et la sécurité du travailleur, mais qu'elle permet aussi d'améliorer le prix de revient.

En ce qui concerne la première proposition, les chiffres parlent d'eux-mêmes; pour les cinq périodes allant de 1811 à 1892, le nombre de victimes par million de tonnes extraites a été successivement de 19,32 — 1,79 — 3,94 — 1,45 et 0,13, c'est-à-dire en décroissant successivement, sauf une anomalie tenant à un cas particulier et accidentel. Comme conclusion relative aux moyens de lutter victorieusement contre le grisou, l'auteur termine en la formulant de la manière suivante : le meilleur moyen connu et employé pour paralyser les effets du grisou est de faire circuler l'air avec vivacité dans tous les lieux où sa présence se fait remarquer.

Accidents survenus dans l'emploi des appareils à vapeur en 1891.

Il y a eu, en 1891, 31 accidents qui ont amené la mort de 18 personnes et ont causé des blessures à 9 autres, total : 27 victimes. Il s'est produit 16 accidents à des chaudières chauffées en tout ou en partie à l'extérieur, 10 à des chaudières non chauffées à l'extérieur et 5 à des récipients ou appareils assimilables.

Au point de vue des causes qui ont amené les accidents, on peut attribuer 9 de ceux-ci à des conditions défectueuses d'établissement, 14 à des conditions défectueuses d'entretien et 14 à un mauvais emploi des appareils. Nous ferons observer, comme d'habitude, que, si le nombre total des causes présumées est supérieur à celui des accidents, cela tient à ce que, dans un certain nombre de cas, l'accident a paru provenir de la coexistence de deux causes, par exemple, de défaut de construction et de défaut d'entretien ou de mauvais emploi de l'appareil. Le rapport insiste sur la grande proportion du nombre des morts; leur nombre est le double de celui des blessés.

En 1890, il y avait eu 34 accidents avec 29 morts et 16 blessés, chiffres notablement supérieurs à ceux de 1891.

1re *livraison de* 1893.

Sur le **raccordement des bassins houillers** du Nord de la France et du Sud de l'Angleterre, par M. Marcel Bertrand, Ingénieur en chef des Mines.

La découverte faite, il y a deux ans, de la houille à Douvres, par un sondage entrepris pour les travaux de recherche du tunnel sous la Manche, a amené en discussion la question du prolongement sous la mer des bassins du Nord et du Pas-de-Calais.

La mémoire de M. M. Bertrand, après une étude purement géologique, conclut que le bassin houiller de Douvres est distinct du bassin houiller du Pas-de-Calais. La continuation de l'axe de ce premier bas-

est cachée sous la mer; il est probable, d'après l'examen des courbes de cette profondeur, que cet axe va aboutir sur la côte française, un peu à l'est de Calais et ne rencontre point, par conséquent, le second bassin.

Étude sur le nouveau four Siemens et sur l'utilisation de la chaleur dans les fours à régénération, par M. E. Damour, Ingénieur civil des Mines.

Cette étude débute par la description du nouveau four Siemens dont la découverte est due à MM. Biedermann et Harvey et l'explication de son fonctionnement.

On a cherché à réunir dans cet appareil la plupart des progrès successifs qui ont été apportés depuis plusieurs années aux fours à chaleur régénérée, bien que la disposition même du four qu'il est nécessaire de chauffer par l'arrière ne soit pas à l'abri de toute critique.

D'une étude détaillée basée sur des recherches expérimentales effectuées sur deux appareils Siemens, l'auteur croit pouvoir conclure en faveur du nouveau système à une économie de 10 à 12 0/0, pouvant même dépasser ce chiffre dans certaines conditions.

La note se termine par des considérations sur la régénération dans les fours à gaz et démontre l'exagération des chiffres d'économie annoncés au début du nouveau four, et basés sur la régénération de l'acide carbonique, régénération le plus souvent illusoire et qui ne peut être utilisée que dans des conditions très limitées. Elle indique enfin dans quelle voie il reste à accomplir un dernier progrès pour la solution du problème de la régénération, c'est-à-dire de l'utilisation complète de la chaleur dans un seul et même four, ce qui pourrait s'opérer avec le nouvel appareil si on arrivait à pouvoir maintenir sous les gazogènes une température élevée à laquelle ils puissent résister, ce qui entraîne encore des difficultés pratiques.

Nouvelle méthode pour le **dosage du fluor**, par M. Ad. Carnot, Ingénieur en chef des Mines.

On emploie pour doser le fluor diverses méthodes dues à Berzelius, Wöhler et Fresenius; ces méthodes sont ou peu précises ou compliquées et délicates. M. Carnot a pensé qu'on pourrait faire le dosage du fluor d'une manière plus simple et plus exacte en le pesant à l'état de fluosilicate de potassium. Il faut, pour cela, transformer tout le fluor de la matière à essayer en fluorure de silicium gazeux que l'on entraîne par un courant de gaz sec et que l'on reçoit dans une solution assez concentrée de fluorure de potassium pur; il se produit un précipité de fluorure double, c'est-à-dire de fluosilicate de potassium dont le poids permet de calculer le fluor.

La note décrit l'appareil dont on se sert pour cette méthode et diverses applications de celle-ci.

2e Livraison de 1893

Recherches sur la composition générale et la teneur en fluor des os modernes et des os fossiles des différents âges, par M. Ad. Carnot, Ingénieur en chef des Mines.

L'existence du fluor dans les os fossiles a été constatée dès le commencement du siècle et Berzélius indique, dens son traité de chimie publié en 1833, que les os d'animaux vivants en renferment également, mais d'autres auteurs ont contesté le fait, et de plus les divergences sur la proportion de cette matière sont considérables; aussi M. Carnot a-t-il cru devoir reprendre la question en se servant de la nouvelle méthode de détermination du fluor exposée ci-dessus. Cette méthode lui a permis de reconnaître que tous les ossements fossiles renferment du fluor, mais que les ossements d'un même âge présentent de très grandes différences dans leur composition. On constate pour le fluor une circonstance singulière, c'est que la teneur va en augmentant avec le temps, c'est-à-dire avec la fossilisation; ces ossements, selon la période à laquelle ils appartiennent, présentent une teneur en fluor de 11 à 17 fois plus grande que les os modernes.

Quelle peut être la cause de cet enrichissement progressif des os en fluor? On ne peut l'attribuer qu'à l'action des eaux d'infiltration qui sont arrivées, par la suite du temps, en contact avec les ossements, eaux apportant des traces de fluorure en dissolution. Cette action a été facilitée par l'affinité du phosphate de chaux des os pour le fluorure de calcium, comme l'auteur s'en est assuré par des expériences directes. L'accroissement de la teneur en fluor avec le temps peut fournir, beaucoup mieux que les autres éléments, un indice caractéristique de l'ancienneté des os.

Pertes de charge dans les conduites d'eau, d'après la formule de M. Flamant, par M. Ed. Sauvage, Ingénieur des Mines.

Il s'agit de la construction d'un tableau représentant graphiquement la relation donnée par la formule de M. Flamant (Voir comptes rendus de novembre 1892, page 1023) pour l'écoulement de l'eau dans les tuyaux de conduite. Ce tableau est construit pour les diamètres jusqu'à 1 *m*, les débits jusqu'à 2 *m* par seconde et les pertes de charge par mètre de 0,001 à 100 *mm*; le coefficient *a* est pris égal à 0,00023 (fonte en service).

Note sur les **systèmes de fermeture des recettes** en usage dans la région de Commentry, par M. G. Friedel, Ingénieur des Mines.

La Société de Commentry-Fourchambault a récemment généralisé pour les puits où s'effectuent, avec des cages guidées, l'extraction, le service des remblais ou la circulation du personnel, l'emploi des recettes disposées de telle sorte que la fermeture en est assurée par une barrière mobile tant que la cage n'est pas sur les taquets. Ces appareils appartiennent à deux types distincts, les appareils à portes et les appareils à levier. Les premières ne sont applicables qu'à des recettes très peu actives et présentent quelques défauts. Le second type paraît très satisfaisant et donne une sécurité largement suffisante dans la plupart des cas.

Rapport sur les travaux du **quatrième Congrès international des chemins de fer** (1892), par M. Worms de Romilly, Ingénieur en chef des Mines.

Ce compte rendu donne, à propos de chaque question, une analyse des rapports imprimés qui ont été distribués aux membres du Congrès, puis un résumé de la discussion dans les sections et en séance plénière, et enfin le texte des conclusions adoptées par le Congrès.

INSTITUT ROYAL DES INGÉNIEURS NÉERLANDAIS (1)

Livraison du 5 novembre 1892.

Communication de M. Steyen sur le **fort Pampus**.

Cette forteresse qui sert à la défense d'Amsterdam du côté du Zuyderzée, est construite sur une île qui a été formée à cet effet. Les coupoles en fonte trempée, proviennent des ateliers de M. Gruson, à Magdebourg.

Communication de M. van Maurn sur l'**écluse à sas d'Ymuiden** et le canal d'Amsterdam à la mer du Nord (Mémoires et comptes rendus de la Société des Ingénieurs Civils, novembre 1892, page 1001 et sur une digue de sable dans le Zuydersee).

Communication de M. Evers sur l'**installation de l'épuisement** à Schellingwonde ; 300 chevaux effectifs, 6 roues à palettes de 8,5 m de diamètre et 3 m de largeur, faisant de 3 à 5 tours par minute ; 6 chaudières ; la partie mécanique, roues, moteurs et chaudières a été adjugée à la Société anonyme du Phœnix, à Gand, pour la somme de 149 500 francs.

Communication de MM. Bekaar et de Croix sur l'**écluse à sas** en construction à Ymuiden, faisant partie du canal d'Amsterdam à la mer du Nord. Ces travaux seront terminés en 1895.

Livraison du 20 janvier 1893.

Construction du port de Tandjong Priok à Java, par M. de Meijer. Une analyse de ce mémoire a paru dans le Bulletin de février, page 302 de la Société des Ingénieurs Civils.

Livraison du 2 février 1893.

Communication de M. van der Sleyden sur la défense des berges des canaux, considérée comme élément essentiel de la construction.

Communication de M. Steinmetz sur les chemins de fer dans le Transvaal (Afrique Méridionale).

Les chemins de fer du Transvaal sont concédés à une Société hollandaise. Il s'agit de relier la capitale Prétoria à la mer, que les frontières du pays n'atteignent nulle part.

(1) Résumé communiqué par M. J. de Koning.

La ligne principale va de Pretoria à l'est, vers la baie de Delagoa (Lorenzo Marquez) ; elle a 560 *km* de longueur dont 472 dans le Transvaal et est en cours de construction. Une autre ligne reliant la capitale au réseau des chemins de fer de la colonie du Cap est en exploitation. Ces lignes sont établies comme chemins de fer secondaires avec 1,067 m d'écartement, des déclivités maxima de 20 0/00 et des courbes de 150 m de rayon minimum. La note est accompagnée d'une description générale du pays et de ses ressources au point de vue de la construction des chemins de fer.

Communication de M. DE JONGH sur la construction et la mise en place des siphons destinés au service des eaux de la ville de Rotterdam. On y trouve notamment ce qui est relatif à la conduite à joints articulés immergée dans la Meuse, travail très remarquable, exécuté au mois d'août 1892.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 9. — *4 mars 1893.*

Étude sur le transport du travail, par A. Riedler.

Fonctionnement compound dans les locomotives, par F. Leitzmann *(fin)*.

Régulateur à frein pour machines à pression d'eau de Rais, par F. Hammerl.

Rupture d'arbres sur les paquebots *Sprée* et *Umbria*, par Görris.

Groupe de Hanovre. — Quelques causes d'accidents. — L'air comprimé et ses applications. — Nouvelle machine à vapeur pour éclairage électrique.

Groupe du Rhin inférieur. — Machines à condensation. — Condenseur à surface de Theisen. — Installation de condensation de Klein.

Groupe de la Ruhr. — Usines métallurgiques dans l'Oural. — Distribution d'eau de Hambourg.

Variétés. — Résistance au feu des planchers en plâtre. — Association technique allemande. — Sociétés d'hygiène publique.

N° 10. — *11 mars 1893.*

Grue tournante de 5 000 *kg*, par F. Freytag.

Etude sur le transport du travail, par A. Riedler *(fin)*.

Sabots et coins d'arrêt pour wagons de chemins de fer, par H. Hartmann.

Emploi de la houille crue dans les hauts fourneaux, par Th. Jung.

Supplement à la notice biographique sur Maurice-Gérard Roentgen, l'inventeur de la machine compound, par Eugène Brückmann.

Groupe du Palatinat-Saarbrück. — Compteur d'eau de Schinzel. — Projet de loi sur les installations électriques.

Bibliographie. — Théorie et construction d'un moteur thermique rationnel remplaçant la machine à vapeur et les moteurs a combustion actuels, par R. Diesel. — Théorie et pratique de la voie des chemins de fer, par A. Stane.

Variétés. — Comparaison du chemin de fer transsibérien et du Canadian-Pacific.

Correspondance. — Nouveautés dans les injecteurs. — Machines frigorifiques à absorption.

N° 11. — *18 mars 1893.*

Nouveaux tramways à air comprimé, par H. Lorenz.

L'expérience dans le domaine de la mécanique industrielle, par F. Hartung.

Nouveautés dans les questions de chauffage et de ventilation, par H. Fischer.

Lampes à gaz à incandescence d'Auer.

Groupe de Hambourg. — Législation sur la défense des intérêts des ouvriers et base d'une nouvelle organisation industrielle.

Groupe de Cologne. — Projet de loi sur les installations électriques. — Constructions à l'abri du feu.

Réunion générale de l'association des fabricants allemands de ciment Portland.

Bibliographie. — Aide-mémoire de l'ingénieur, par la Société la « Hutte ». — Introduction à la science moderne de l'électricité, par J. Vallentin. — Les divers types de moteurs a vapeur, par Ed. Sauvage. — Tiroirs et distribution de vapeur, par A. Madamet. — Détente variable à vapeur, par A. Madamet.

Variétés. — Expériences sur la résistance d'un tramway électrique en mouvement droit et en rampe. — Exposition universelle de Chicago en 1893. — Aperçu sur le fonctionnement des écoles techniques supérieures en Allemagne pendant le semestre d'hiver 1892-93.

N° 12. — *25 mars 1893.*

Nouveaux tramways à air comprimé, par H. Lorenz (*fin*).

Disposition à double fil de traction pour les signaux de chemins de fer, par H. Heimann.

Diagrammes de la distribution radiale de Lenk, par C. Œrlikon.

Nouveautés dans les questions de chauffage et de ventilation, par H. Fischer *(fin)*.

Fabrication mécanique des briques.

Groupe du Palatinat-Saarbruck. — Protection contre les accidents. — Fours à gaz.

Groupe de Breslau. — Emploi des briquettes pour le chauffage.

Pour la Chronique et les Comptes Rendus :

A. Mallet.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 7644-4-93 — (Encre Lorilleux).

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

AVRIL 1893

N° 4

Sommaire des séances du mois d'avril 1893 :

1° *Décès* de MM. H. A. Lambert, Ch. Armengaud, vice-amiral Pâris, G.-Th. Hamelin et L.-J. Arnoldi. (Séances des 7 et 21 avril), pages 474 et 488 ;

2° *Exposition de 1900* (Projets en vue de l'), remis par MM. Ch. Masson, Ed. Marette et J. Pillet. (Séance du 7 avril), page 474 ;

Pli cacheté (Dépôt d'un), par MM. Desrosiers et Hillairet. (Séance du 7 avril), page 474 ;

3° *Remboursement de Bons de l'Emprunt de la Société.* (Séances des 7 et 21 avril), pages 474 et 489 ;

4° *Don d'une somme de 500 f.* par M. F. Robineau. (Séance du 7 avril), page 475 ;

5° *Eaux de l'Avre* (Adduction des). (Séance du 7 avril), page 475 ;

6° *Tonnage par adhérence magnétique.* (Séances des 7 et 21 avril), pages 475 et 490 ;

7° *Titres des communications* de M. Ch. Robert sur *les Applications pratiques du principe de la participation aux bénéfices*, et de MM. Raoul Pictet sur *les Basses Températures en chimie.* (Séance du 7 avril), page 476 ;

9° *Congrès des Travaux maritimes* (Avis de l'ouverture du), par M. Fleury et nomination des délégués de la Société. (Séances des 7 et 21 avril), pages 476 et 489 ;

10° *Pulvérisateurs contre les maladies de la vigne* (Appareils). Note complémentaire par M. Bourdil. (Séance du 7 avril), page 478 ;

11° *Flexion des montants d'un Pont à entretoisement supérieur*, par M. P. Rey. (Séance du 7 avril), page 478 ;

12° *Essieu radial à bielles de guidage*, par M. N. de Tedesco. (Séance du 7 avril) page 479 ;

13° *Direction des Ballons* (Discussion de la communication de M. B. Soreau sur la), par M. Duroy de Bruignac ; observations et réponses de MM. Soreau et Haubtmann. (Séance du 7 avril), page 481 ;

14° *Direction des Ballons* (Réclamation de M. Duroy de Bruignac à propos de la discussion sur la), réponses et observations de MM. Jousselin. Gassaud et Casalonga. (Séance du 21 avril), page 486 ;

15° *Nomination :*

1° De M. Ch. de Comberousse comme membre du Conseil supérieur de l'Instruction publique ;

2° De MM. P. Arbel, G. Richard, Whaley, Blanchard, Loonen et Ch. Marteau, comme délégués français du Jury international des récompenses de l'Exposition de Chicago. (Séance du 21 avril), page 489 ;

16° *Ouvrages reçus.* (Séances des 7 et 21 avril), pages 474 et 489 ;

17° *Procédés Bertrand* (Nouveaux) pour recouvrir d'oxyde magnétique et émailler le fer et les carbures de fer, par M. O. de Rochefort-Luçay. Observations de MM. du Bousquet, Gassaud et Bertrand (Séance du 21 avril), page 490 ;

18° *Tout à l'Égout* (Le), par M. Duvillard. Note complémentaire par M. Ed. Badois et discussion par MM. Ch. Herscher, E. Trélat, Hallopeau et L. Thomas. (Séance du 21 avril), page 493 ;

Mémoires contenus dans le Bulletin d'Avril 1893 :

19° *Flexion des montants dans un Pont à entretoisement supérieur*, par M. P. Rey, page 498 ;

20° *Le Tout à l'égout*, par M. Duvillard, page 505 ;

21° *Note sur l'alimentation d'eau de Paris et de la banlieue et sur l'assainissement de la Seine*, par M. Ed. Badois, page 523 ;

22° *Le Matériel agricole à l'Exposition des Champs-Élysées de 1893*, par M. le comte de Salis, page 535 ;

23° *Discours prononcé aux obsèques de M. Ch. Armengaud*, par M. D.-A. Casalonga, page 562 ;

24° *Chronique*, n° 159, par M. A. Mallet, page 566 ;
Comptes rendus — — page 577 ;

Pendant le mois d'avril, la Société a reçu :

— De MM. Muirhead and C°. *Muirhead and C° Electrical Engineer and contractors. Illustrated Price List* (in-8 de 38 p.). London, 1893.

— De M. H. Chapman (M. de la S.). *Digest of the evidence takin before Groupe A, of the Royal Commission on Labour. Vol. II Mining. — Iron Engineering and Hardware* (petit in-4 de 196 p.). London, 1892.

— De M. Delachanal (M. de la S.). *Outillage maritime du port du Havre. Tarif et règlement des engins de levage. Hangars. Cahier des charges et decret du 19 décembre 1890* (3 brochures in-8 et 1 plan). Havre, Imprimerie de la Bourse, 1891 et 1893.

— De M. Voisin-Bey. *Notice sur les travaux d'amelioration de l'embouchure du Danube et du bras de Soulina, 1857-1891* (in-8 de 512 p. avec 4 pl.). Paris, veuve Ch. Dunod, 1893.

— De M. N.-J. Raffard (M. de la S.). *Treatise on the Steam Engine from the seventh Edition of the Encyclopædia Britannica* (in-8 de 322-xii p. avec 15 pl.). Edimburgh, 1846.

— De MM. Gauthier-Villars et fils, éditeurs. 1° *Distribution de la vapeur, Epures de distribution*, par Madamet (petit in-8 de 152 p.); 2° *Le Lait*, par P. Langlois (petit in-8 de 181 p.). Paris, Gauthier-Villars et fils, G. Masson, 1893.

— De M. Ch. Delagrave, éditeur. *Album des services maritimes postaux français et étrangers. Annexe I. Carte des lignes télégraphiques et câbles sous-marins*, par Paul Jacottey et Maxime Mabyre (1 feuille pliée format in-4 jesus). Paris, Ch. Delagrave, 1892.

— De l'École des Ponts et Chaussées. *Collection de dessins distribués aux élèves. Légendes explicatives des planches. Tome III, 7e fascicule, 24e livraison, 1891*. Paris, Imprimerie nationale, 1892.

— De M. H. Peretmere (M. de la S.). *Les grandes villes devant la loi sanitaire française* (petit in-4 de 49 p. et 1 pl.). Paris, S. Glaize, 1893.

— *Dictionnaire de la langue française*, de E. Littré, 4 volumes et 1 supplément grand in-4. Paris, Hachette et C°, 1873 et 1877.

— *Webster's complete Dictionary of the English Language* (in-4 de 1847 p.). London, 1883.

— *Chemin de fer du Pirée à Larissa. Avant-projet*, par A. Gottland. Paris, Marchadier, 1883.

— *Avant-projet d'un chemin de fer de Strasbourg à Mulhouse et à Bâle demandé en concession par MM. N. Aschlin et frères*, par P. Chapron et P.-D. Bazaine (petit in-4 de 35 p. et 1 pl.). Mulhouse, P. Baret, 1857.

à — *Chemin de fer de Paris à Londres, par Boulogne*, 6 cartes.

— *Ligne du Bourbonnais*, 1 carte.

33373 — *Mémoire sur les machines à vapeur en général*, par Bazaine (petit in-4 de 56 pages et de 19 p. avec 3 pl.), Strasbourg, 1833.

33374 et 33375 — *Navigation intérieure. Rivières et Canaux*, par P. Guillemain (2 vol. gr. in-8 de 564 p. et de 572 p.). Paris, Baudry et Cie, 1885.

33376 et 33377 — *A History of the English Railway*, by John Francis (2 vol. in-8 de 308 p. et de 282 p.). London, 1851.

33378 — *The Life of George Stephenson*, by Samuel Smiles (in-8 de 517 p.). London, 1857.

33379 et 33380 — *The Life of Robert Stephenson*, by J.-C. Jaeffreson (2 vol. in-8 de 363 p. et de 335 p.). London, 1864.

33381 — *Airey's Railway May of England and Wales*. London, 1881.

33382 — *The Working and Management of an English Railway*, by George Findlay (in-12 de 354 p.). London, 1881.

33383 — *The Life of Thomas Telford*, by Samuel Smiles (in-12 de 331 p.). London, 1867.

33384 — *James Brindley and the Early Engineers*, by Samuel Smiles (in-12 de 320 p.). London, 1864.

33385 — *Bradshaw's New Railway Map of Great Britain and Ireland*. London, 1870.

33386 — *Airey's Railway junction diagrams* (in-12 ital. de 16 p. avec 126 pl.). London, 1887.

33387 — *Principales vues du chemin de fer de Paris à Amiens* (album in-12 ital. de 24 pl.). Paris, Prudhomme.

33388 — *Souvenirs du chemin de fer de Strasbourg à Bâle* (album in-12 de 12 pl.). Strasbourg, Bernard.

33389 — De M. A. Collet (M. de la S.). *Étude de l'état actuel de la machine locomotive en France et à l'étranger* (in-8 de 127 p. et 19 pl.). Paris, Chaix, 1893.

33390 — De M. D. Ubaldo Fuentes y Birlayn (M. de la S.). *La utilizacion de las fuerzas naturales* (petit in-8 de 29 p. et 1 pl.). Madrid, 1892.

33391 — De M. Emile Lemoine. *La géométrographie ou l'art des constructions géométriques* (in-8° de 66 p.). Paris, Hôtel des Sociétés savantes, 1892.

33392 — De la Société industrielle de Mulhouse. *Projets de stations centrales d'énergie électrique* (grand in-8° de 208 p. et 16 pl.). Strasbourg, Imprimerie Alsacienne, 1893.

33393 — *Les grandes usines de Turgan. Société anonyme des Établissements Decauville, à Petit-Bourg* (grand in-8° de 104 p.). Paris, L. Berger, 1892.

33394 — De M. Bourdil (M. de la S.). *Rapport fait par M. Prillieux sur le pulvérisateur Bourdil pour le traitement du mildiou* (petit in-4° de 3 p.). Paris, T. Chamerot, 1893.

33395 — *Emléklapok A Magyar Mérnök és épitesz-egylet negyedrzázados jubileumára* (in-4° de 57 p.). Budapest, 1893.

3396 — De M. L. Simon (M. de la S.). *Le tricot et l'industrie de la bonneterie* (grand in-8° de 102 p.). Troyes, L. Lacroix, 1891.

3397 — De M. Alfred Léger (M. de la S.). *Les institutions patronales et les grandes Compagnies industrielles* (in-8° de 48 p.). Lyon, Imprimerie du *Salut public*, 1893.

3398 — De M. Emile Lemoine. *Resultats et théorèmes divers concernant la geométrie du triangle* (in-8° de 32 p.). Paris, Hôtel des Sociétés savantes, 1892.

3399 — Du Même. *Application de la géométrographie à l'examen des diverses solutions d'un même problème* (in-8° de 19 p.). Paris, Société mathématique de France, 1892.

3400 — Du Même. *Application d une méthode de la simplicité des constructions à la comparaison des quelques solutions du problème d'Apollonius* (petit in-8° de 28 p.). Paris, Gauthier-Villars, 1892.

3401 — De M. de Coene (M. de la S.). *Rapport sur les travaux du Congrès de navigation intérieure tenu à Paris en 1892* (grand in-8° de 12 p. avec 2 pl.). Rouen, Deshayes, 1893.

3402 — De M. H. Vandervin. *Graphique des vitesses et des debits d'un cours d eau* (in-8° de 16 p. avec 1 pl.). Bruxelles, veuve Monnom, 1892.

3403 — De M. Ed. Sauvage. *Pertes de charge dans les conduites d'eau* (in-8° de 7 p. et 1 pl.). Paris, veuve Ch. Dunod, 1893.

3404 — De la Société industrielle de Mulhouse. *Bibliographie de la technologie chimique des fibres textiles* (grand in-8° de 170 p.). Strasbourg, Imprimerie Alsacienne, 1893.

3405 — De M. L. Malo (M. de la S.). *Report on the works executed by the Honourable the Commissioners of sewers of the City of London during the year 1892* (petit in-8° de 58 p.). London, 1893.

3406 et 3407 — De M. A. Lencauchez (M. de la S.). *Projet d'une nouvelle voirie pour la fabrication de la poudrette et des sels ammoniacaux* (in-4° de 115 p. avec 10 pl. manuscrites). Etude faite entre 1858 et 1862.

Les membres nouvellement admis pendant le mois d'avril sont :

Comme membres sociétaires, MM. :

A.-T. Durandy,	présenté par MM.	Beaufret, Bulle, Casevitz.
G. de Chassaloup-Laubat,	—	Carimantrand, Levy, Mallet.
E. Deck,	—	Assi, Genes, Viennot.
P.-B. Delorme,	—	Appert, Dayde, Brulogne.
A. Fritschen,	—	Bourgeois, Charton, Lencauchez,
U. Pereires-Biolaux,	—	Carimantrand, Vidal, Mallet.
E. Pirani,	—	Doumerc, Tachaud, d'Yochet.
L.-A. Robert,	—	Forest, Ginard, Macherez.

Et comme membre associé, M. :

A. Peugeot, présenté par MM. Lencauchez, Panhard, Levassor.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS D'AVRIL 1893

Séance du 7 avril 1893.

PRÉSIDENCE DE M. P. JOUSSELIN

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de M. H.-A.-A. Lambert, membre de la Société depuis 1879.

M. LE PRÉSIDENT dépose la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance, parmi lesquels il signale spécialement l'*Étude sur l'état actuel de la locomotive*, par M. A. Collet, travail qui a obtenu le prix Furno et une médaille d'or à la Société des Anciens Élèves des Arts et Métiers : il signale en même temps trois notes, émanant de MM. Ph. Masson, Edouard Mariette et J. Pillet, relatives à des *Projets en vue de l'Exposition de 1900* ; la liste de ces ouvrages est publiée plus loin.

M. LE PRÉSIDENT annonce que la Société a reçu un pli cacheté de MM. Desroziers et Hillairet. Suivant l'habitude ce pli sera déposé aux archives de la Société, pour être ouvert seulement à la demande des déposants. A cette occasion M. le Président rappelle que la Société conserve depuis fort longtemps un certain nombre de plis dont elle ignore absolument le contenu ; l'un, entre autres, a été déposé en 1852 par M. de Ruolz : personne n'en a demandé, à son nom, l'ouverture.

M. LE PRÉSIDENT annonce ensuite les dons qui ont été faits récemment à la Société : plusieurs collègues ont fait abandon à la Société des bons souscrits par eux à l'Emprunt de 1889 ; ce sont : MM. Baudot, 1 bon ; Ch. Gibault, 4 bons ; Caen, 2 bons ; Giraud, 2 bons ; Euverte, 1 bon ; Mayer, 5 bons ; Deutsch, 2 bons ; Wallerstein, 1 bon ; ensemble, 18 bons = 900 francs. Au nom de la Société, il les remercie de ces dons généreux.

Il signale, d'une manière toute particulière, un don de 500 francs fait par M. Firmin Robineau avec affectation spéciale à la reconstruction de l'Hôtel de la Société.

M. LE PRÉSIDENT remercie publiquement, au nom du Comité, M. Robineau, déjà membre perpétuel et donateur de la Société, pour le don généreux qu'il vient de lui faire, en vue de faciliter la construction d'un Hôtel, plus en rapport que l'immeuble actuel, avec l'importance qu'elle a acquise aujourd'hui. Il pense être en cette circonstance l'interprète des sentiments de tous ses collègues. *(Vifs applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT rend compte, ensuite, de l'inauguration des travaux d'adduction des eaux de l'Avre et de la Dives à laquelle il avait été prié d'assister, et qui a eu lieu le jeudi 30 mars. L'assistance était très nombreuse ; des discours ont été prononcés par le Président du Conseil municipal, le Préfet de la Seine, et par M. Humblot, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, chef du service.

M. le Président exprime le regret que, dans aucun de ces discours, il n'ait été fait mention des services rendus par le Génie civil dans l'organisation de cette grande œuvre. Cette lacune est d'autant plus regrettable que les deux grandes conduites qu'on avait la sous les yeux ont été créées par M. Charles Gibault, membre de la Société, qui a obtenu ces travaux après concours et les a exécutés d'une manière remarquable. Il s'agit de tuyaux en tôle d'acier de 1,50 *m* de diamètre avec joints spéciaux. Ces tuyaux ont été exécutés dans les ateliers de M. Leblanc, rue du Rendez-Vous, également membre de la Société, qui a créé dans ce but spécial une riveteuse hydraulique de grande puissance, à l'aide de laquelle ces travaux ont été exécutés avec une remarquable perfection.

M. le Président a tenu à réparer ici un oubli malheureux, mais involontaire sans doute, celui des deux noms auxquels il vient de faire allusion, qui auraient dû être prononcés dans cette circonstance.

Il annonce que prochainement ces collègues viendront entretenir la Société de ces travaux dont l'exécution leur fait le plus grand honneur.

M. DE BOVET, au nom de M. Molinos, a écrit à M. le Président pour inviter les membres de la Société à aller mardi, 11 avril, assister à Meudon à une expérience de louage électrique à l'aide de l'appareil dont il est l'inventeur et au sujet duquel il a fait à la Société une très intéressante communication.

Le départ aura lieu à une heure et quart au pont Royal, par un des bateaux de la Compagnie des Bateaux Parisiens, pour rencontrer le leur vers Meudon ; au retour, on descendra également au pont Royal.

M. LE PRÉSIDENT ajoute qu'il a déjà fait cette excursion et assisté à une expérience. De Meudon presque jusqu'à Billancourt, il a voyagé sur le bateau lui-même : l'appareil a très bien fonctionné, les dispositions prises sont très heureuses et l'ont beaucoup frappé. Il pense que pour assister à des expériences aussi intéressantes, un grand nombre de membres de la Société se rendront à l'appel de leur ancien président, M. Molinos, ainsi qu'à celui de M. de Bovet, son éminent collaborateur.

M. LE PRÉSIDENT rappelle que, depuis quelque temps, on se préoccupe beaucoup en France de la question d'organiser dans l'industrie la participation du personnel aux bénéfices. Les économistes d'une part, les Chambres syndicales d'une autre, luttent pour la propagation de cette idée ; quelques collègues l'ont déjà organisée dans leurs ateliers d'une manière très remarquable, notamment MM. Muller et Roger. MM. Barbas et autres.

Récemment, à l'inauguration de la bibliothèque des Chambres syndicales par M. Léon Say, il a été fait une série de très intéressantes conférences sur ce sujet, dont plusieurs dues à M. Charles Robert, ancien conseiller d'Etat, qui est un apôtre de la participation aux bénéfices.

Il s'occupe depuis plusieurs années de cette idée et croit être arrivé à sa solution pratique.

M. Charles Robert a bien voulu, à la demande de M. le Président, se mettre à la disposition de la Société, pour lui faire sur cette intéressante question, à la date qui lui serait indiquée, une communication *sur les applications pratiques du principe de la participation aux bénéfices.* M. le Président propose de fixer cette date au vendredi 19 mai. *(Approbation unanime.)*

M. le Président transmettra à M. Charles Robert le vœu de l'assemblée. Il croit qu'il conviendra de convoquer en même temps M. Cheyssou qui s'intéresse beaucoup aussi à cette même idée. *(Nouvelle approbation.)*

M. LE PRÉSIDENT fait part à l'assemblée de la proposition de M. Gottschalk, qui demande qu'à une prochaine séance, M. Raoul Pictet, dont tout le monde connaît les beaux travaux sur la production du froid, soit entendu pour une communication sur *le rôle des basses températures en chimie.*

La Société accueille avec plaisir cette proposition et la date de la communication est fixée au 5 mai.

Enfin, à l'occasion du Congrès maritime qui doit avoir lieu en Angleterre, et dont la Société a, des premières, été avisée, M. le Président dit qu'il y aura lieu de nommer des délégués. Il propose tout d'abord le nom de M. Fleury, à qui il va céder la parole, pour donner quelques indications sur ce Congrès. M. Fleury a bien voulu, de lui-même, se mettre à la disposition de la Société comme délégué ; la Société peut donc, dès maintenant, compter sur sa science et ses connaissances spéciales en ces matières et sur son infatigable dévouement pour la représenter dignement à ce Congrès. Il conviendra de lui adjoindre quelques autres collègues, notamment MM. de Coëne, Hersent et Pontzen, auxquels on demandera leur adhésion.

M. FLEURY fournit à la Société quelques détails sur le Congrès de travaux maritimes qui doit se tenir à Londres, du 18 au 22 juillet prochains, dans l'hôtel de l'Institut des Ingénieurs Civils, 25, *Great George Street, Westminster*, et sera suivi d'excursions dans les ports les plus remarquables de la Grande-Bretagne.

Le Comité d'organisation est présidé par lord Brassey et, dans le bureau siègent les plus hautes personnalités : le duc de Devonshire; lord

Balfour, le président du *Board of Trade*, le Rᵉᵗ Hon. sir Michael Hicks-Beach, les lords-maires des principales villes maritimes, Londres, Dublin, Glasgow, Belfast, Southampton, Swansea et deux anciens présidents de l'Institution des Ingénieurs civils, sir Frederick J. Bramwell et M. James Abernety, et avec eux, les Ingénieurs les plus distingués de la Grande-Bretagne, les directeurs des grandes Compagnies de navigation et les principaux constructeurs de navires.

L'Allemagne, l'Autriche, la Belgique, le Danemark, sont aussi représentés dans ce Comité. Le sympathique et éminent M. Conrad y représente la Hollande.

L'Espagne, l'Italie, le Portugal, y figurent également. Une place spéciale a été faite à la France; les membres de la Commission permanente du Congrès de travaux maritimes y figurent tous, et parmi eux, M. Fleury signale avec satisfaction nos collègues, M. Hersent et M. Pontzen.

Le secrétaire honoraire est M. James Forrest, le si accueillant et si aimable Secrétaire de l'Institution des Ingénieurs civils de Londres, c'est à lui qu'on doit dès maintenant adresser toutes les communications relatives au Congrès.

L'âme de ce Congrès, l'inspirateur, le promoteur est M. Vernon-Harcourt, dont les belles études sur les estuaires, sur celui de la Seine en particulier, sont connues et appréciées de tous. Son affabilité, ses sympathies averses pour ses collègues français sont un sûr garant de l'accueil qui nous sera fait.

La cotisation est fixée à 1 liv. st., en échange de laquelle on reçoit la carte qui donne droit à assister aux séances, à prendre part aux excursions et à recevoir les publications du Congrès.

Celles-ci promettent d'être particulièrement intéressantes. Les mémoires sont dès aujourd'hui au nombre de 34, qui ont pour auteurs les ingénieurs les plus distingués, et — ce qui sera spécialement instructif — les constructeurs mêmes des ouvrages maritimes les plus importants. 12 sont d'origine britannique, 9 viennent de France, 2 de Russie, 2 d'Italie, 4 de Danemark et 1 de Belgique. D'autres sont attendus. Les sujets traités sont classés de la façon suivante :

1° **Ports** : brise-lames, jetées, protection des côtes.

2° **Docks**, magasins, outillage, organisation économique.

3° **Construction** de navires, machines motrices marines, machines et appareils auxiliaires à bord des navires.

4° **Phares** : leur éclairage, leur communication avec les ports, signaux de brouillard, sémaphores.

Notre Société ne manque pas de membres qui peuvent avec compétence produire des mémoires dans l'une ou l'autre des divisions de ce cadre.

M. Fleury fait un pressant appel à leur zèle : il n'est pas indifférent à l'honneur de notre Société que ses membres se distinguent en de semblables occasions. La réputation de l'Ingénieur français à l'étranger est l'un de nos préoccupations. Le Congrès de Londres nous procure une occasion propice de la bien soutenir.

M. le Président remercie M. Fleury des indications très complètes qu'il vient de fournir à la Société et donne la parole à M. Bourdil pour dire quelques mots au sujet des *pulvérisateurs ;* ces quelques mots formeront en quelque sorte la continuation de la communication de M. Cazaubon et se placent naturellement comme une observation au procès-verbal de la précédente séance.

M. Bourdil exprime tout d'abord ses regrets de n'avoir pu assister, à la précédente séance, à la très intéressante communication de M. Cazaubon. C'est d'accord avec lui qu'il prend aujourd'hui la parole pour dire deux mots d'un pulvérisateur dont il est personnellement l'inventeur et dont M. Cazaubon n'avait pas fait mention, n'ayant examiné que les deux types classiques les plus employés. Ce dernier lui a, du reste, gracieusement offert, de lui-même, de compléter sa note sur ce point, et il l'en remercie.

M. Bourdil présente l'appareil même qu'il a imaginé ; il expose que la bouillie bordelaise étant très visqueuse et contenant souvent des grumeaux, il s'est, tout d'abord, imposé la condition d'établir un pulvérisateur dont aucun orifice n'ait un diamètre inférieur à 6 mm. pour éviter toute chance d'engorgement. Il arrive à ce résultat en terminant son appareil par une canule métallique aveugle à l'extrémité, mais percée d'orifices latéraux. Grâce à la bague de caoutchouc qui les recouvre, le liquide chassé par la pompe épouse la forme cylindro-conique de la canule en sortant par ces orifices. Il rencontre un fuseau en forme de grain d'orge dont l'angle est de 35°, et alors le liquide se résout en pluie. Lorsqu'un grumeau se présente, il soulève simplement le caoutchouc et passe sans provoquer d'engorgement.

Ce pulvérisateur est nouveau, et il n'avait pas été appliqué avant l'apparition du mildew.

M. le Président remercie M. Bourdil de sa communication qui complète très heureusement celle de M. Cazaubon ; son appareil est ingénieux et paraît simple et pratique.

La parole est à M. Rey (Pierre) pour sa communication sur *la flexion des montants dans un pont à entretoisement supérieur.*

M. P. Rey rappelle qu'on a déjà, à plusieurs reprises, attiré l'attention des constructeurs sur l'importance des montants dans les poutres des charpentes, et, plus particulièrement dans celles des ponts ; que M. Périsse, dans un mémoire adressé à l'Académie des sciences, a fait ressortir tout le danger qu'il y avait à considérer ces pièces comme tout à fait accessoires et à se dispenser de les calculer. Sans entrer dans l'exposé complet de la méthode, qui est développée dans le mémoire, il se borne à en tracer les lignes principales.

Si on considère, dit M. P. Rey, le cadre formé par l'entretoise supérieure, les montants et l'entretoise inférieure, on conçoit que cette dernière entraîne par sa flexion les montants et même l'entretoise supérieure.

Il indique brièvement les équations qui lui ont servi à résoudre le problème et donne les résultats qu'il a obtenus en les appliquant à un

...ent de chemin de fer en acier ; il fait remarquer que le chiffre de 8,6 *kg* trouvé pour la limite maxima de la fatigue des montants montre bien qu'il est nécessaire de les calculer, si on ne veut pas s'exposer à dépasser dans ces organes la limite de sécurité ordinairement admise.

La résolution des équations conduit à des calculs qui pourraient paraître un peu longs pour une première approximation : il conseille donc de recourir dans ce cas à la formule simple :

$$\mu = \frac{Pl}{2h\sqrt{\frac{I}{I_1}} + 3l},$$

dans laquelle μ représente le moment de flexion maximum du montant, h la hauteur de ce montant, I_1 le moment d'inertie du même montant ;

P la charge totale de l'entretoise ;

I_1 le moment d'inertie de cette entretoise ;

l la demi-largeur du pont.

Cette formule, dans le cas de l'exemple précité, donne un résultat dépassant de 1 10e à peine celui obtenu par la méthode exacte. Mais M. P. Rey fait observer qu'on ne pourrait plus l'appliquer dans le cas où l'entretoise supérieure aurait une hauteur voisine de celle de l'entretoise inférieure ; les résultats qu'elle donne sont d'autant plus près de la vérité que l'entretoise supérieure est moins haute.

M. le Président demande si l'ouvrage auquel vient de faire allusion M. P. Rey est un ouvrage existant.

M. P. Rey répond que c'est un ouvrage en projet, qu'il a étudié parce qu'il se rapproche des dimensions courantes des ponts usités pour les chemins de fer.

M. le Président remercie vivement M. Rey (Pierre) de sa communication qui paraît présenter un très grand intérêt pour les Ingénieurs de chemins de fer et pour les constructeurs. Il n'est pas possible de juger le travail d'après le résumé sommaire qu'il vient de présenter, mais il croit que la question intéressera le lecteur avec fruit, *in extenso*, dans le Bulletin. La formule qu'il vient d'indiquer pour le calcul rapide des montants sera surtout appréciée des constructeurs ; il adresse à ce sujet ses félicitations à M. P. Rey.

M. le Président, avant d'ouvrir la discussion sur la communication de M. Soreau relative au problème de la direction des ballons, prie M. de Dion de vouloir bien prendre la parole pour l'exposé de sa communication sur *un essieu radial à bielles de guidage*.

M. de Dion dit qu'il veut entretenir la Société d'une disposition de truck ou bissel, qui a été imaginée par un collègue, M. Wendknecht, et adoptée par lui pour la construction de ses locomotives.

Il rappelle que le truck Bissel doit son nom à l'Ingénieur américain qui le premier, conçut l'idée d'établir la liaison du châssis de véhicule avec son truck, par l'intermédiaire d'un cadre ou d'une bielle, articulée d'une part à un pivot fixé dans l'axe de la machine et de l'autre à une sellette ouvrière du truck. Dans ce système, la souplesse du véhicule est

limitée par les frottements des essieux dans leurs boîtes à graisse, frottements d'autant plus considérables que le rayon de courbure de la voie est plus faible.

La nouvelle disposition, qui a pour effet d'utiliser le poids même de la machine pour rappeler automatiquement cet essieu dans la direction du rayon de la courbe franchie, a reçu, à cause de cela, le nom d'Essieu Radial.

M. de Tedesco ajoute que la pratique vient de consacrer les avantages de cette nouvelle solution au point de vue de l'extrême souplesse des locomotives auxquelles elle a été appliquée. Ces locomotives à la voie d'un mètre franchissent en vitesse des courbes de 30 *m* de rayon, sans à-coups et, par suite, sans résistance sensible. Ces résultats sont d'autant plus intéressants qu'ils sont réalisés par une construction des plus simples.

Par suite de l'exiguité de la place dont on peut disposer dans la salle, M. de Tedesco n'a pu songer à présenter à la Société un modèle d'appareil exécuté, pour servir de démonstration; mais il se fait l'interprète des sentiments de M. Weidknecht, en affirmant que ce dernier se fera un plaisir de montrer à ses collègues l'appareil qui se trouve dans ses ateliers et même en faisant, le cas échéant, fonctionner devant eux une des locomotives en construction pour les chemins de fer de la Drôme.

A l'aide de nombreux dessins exposés dans la salle, M. de Tedesco explique le fonctionnement de cette disposition, soit en alignement droit, soit en courbe.

Dans ce système, les boîtes à graisse n'ont pas de glissières et sont complètement indépendantes des longerons : l'essieu est relié au châssis et entraîné dans le mouvement par deux bielles placées obliquement dans un plan horizontal. La liaison des bielles au châssis se fait par un support avec axe sphérique laissant les bielles prendre toute inclinaison, aussi bien pour suivre l'essieu dans son déplacement latéral en courbes, que dans son déplacement vertical sous l'action du ressort de suspension ; la liaison aux boîtes à graisse se fait par un axe vertical maintenant la boîte dans sa position normale sur l'essieu.

Le système est complété par une semelle à plans inclinés placée sur la boîte à graisse, qui reçoit l'étrier de suspension dont le pied épouse les mêmes plans inclinés. Pour avoir une bonne assise sur ces plans inclinés, ils sont disposés : l'un dans l'axe de la semelle, l'autre, divisé en deux, de chaque côté du premier et en sens opposé. Cette semelle, maintenue dans sa position normale aux longerons par les fanes de l'étrier de suspension formant guide, est reliée à la boîte par un coulisseau à axe vertical permettant à la boîte à graisse de pivoter sous la semelle.

En alignement droit, la tension du ressort de suspension maintient l'essieu radial dans sa position normale ; en courbe, cet essieu oblique ; et la longueur des bielles d'articulation est prévue de manière que la direction de l'essieu soit rigoureusement normale à la voie dans la courbe de rayon minimum.

Cette disposition s'applique aussi bien quand les longerons sont inté-

neurs ou extérieurs, que lorsque l'essieu radial est à l'avant ou à l'arrière ou des deux côtés à la fois.

M. de Tedesco décrit ensuite la variante suivante :

Une béquille qui, en alignement droit, est verticale et repose par sa partie plane sur la boîte à graisse, et qui, en courbe, par suite du déplacement de l'essieu, prend une position inclinée et agit comme une came excentrique sur le ressort de suspension, tendra toujours à ramener l'essieu dans sa position normale.

La disposition du mécanisme fait que la réaction, forte au commencement du déplacement, diminue à mesure que ce déplacement est plus prononcé, de sorte que la pression du boudin sur le champignon du rail est d'autant plus faible que la courbe est plus raide. De là, une grande facilité dans le passage des courbes à faible rayon par la réduction de l'effort latéral sur le rail.

M. de Tedesco fait observer, en terminant, que cette dernière disposition convient surtout aux petites locomotives, où l'on ne dispose que d'un espace restreint entre le ressort de suspension et la boîte à graisse. Il insiste sur ce fait qu'elle est déjà appliquée à vingt-six machines de 9 *t* en service, à quatre roues couplées pour voie de 0,60 m; ces machines franchissent en vitesse des courbes de 15 m de rayon. Cette disposition est adaptée également à douze machines de 13 *t* en service à six roues couplées pour voie de 0,60 m qui franchissent des courbes de 20 m de rayon.

M. de Tedesco se résume en disant que la pratique démontre tous les jours que les machines qu'il vient de décrire donnent réellement les avantages sur lesquels la théorie avait permis à leur inventeur de compter, savoir : simplicité de construction et grande souplesse dans le passage des courbes, même les plus raides, par suite de la suppression des plaques de garde, ce qui entraîne naturellement la suppression des résistances considérables par frottement qui en sont la conséquence.

M. le Président remercie M. de Tedesco de sa communication; il est intéressant de pouvoir assurer le passage des locomotives dans les courbes très raides. Puis il donne la parole à M. Duroy de Bruignac, pour discuter la communication de M. Soreau relative à *la direction des ballons*.

M. Duroy de Bruignac dit qu'il va présenter, aussi brièvement que possible, des observations sur les points qui lui paraissent importer davantage au succès et qui ont été examinés par M. Soreau, dont il critiquera quelques opinions; mais il se plaît à lui rendre hommage pour la manière dont il a fait l'historique de la question et résumé les opinions aujourd'hui admises dans certains milieux. Ses critiques, par suite, ne sont pas personnelles, mais, tout au contraire, d'ordre général.

En dehors du moteur, dont le rôle est d'une grande importance, il reste à faire certaines améliorations, très importantes aussi, et dont il estime qu'on ne se préoccupe pas assez.

M. Duroy de Bruignac pense qu'on peut comparer le dirigeable à un navire à hélices et que ce rapprochement montre la grande influence de certaines variations dans la finesse des formes.

Il trouve que l'exemple des poissons est trop complexe et encore trop peu analysé pour permettre de décider, à lui seul, que le dirigeable doive imiter la forme et la disposition des poissons. Il faut, dit-il, examiner la question indépendamment des analogies.

M. Duroy de Bruignac expose que la forme du ballon en cigare, marchant le gros bout en avant, augmente à la fois la stabilité de marche et la résistance de translation ; mais que l'accroissement de stabilité est très petit, à cause de la légèreté de l'appareil, et, celui de la résistance très grand à cause de l'accroissement des angles d'incidence. Il en conclut qu'il est très probable que cette disposition est beaucoup plus nuisible qu'utile, et qu'un ballon symétrique serait préférable, d'autant plus qu'un bon gouvernail suffit, d'après lui, pour assurer la stabilité. A ce sujet, ajoute-t-il, il faudrait des essais comparatifs, et il est bien regrettable qu'on n'en ait pas fait. M. Duroy de Bruignac a pourtant fait tous ses efforts pour obtenir qu'on fît successivement à Chalais-Meudon évoluer le ballon *La France*, gros bout en avant et petit bout en avant : c'était très facile, mais cela n'a jamais été fait, bien qu'il ait à deux reprises écrit au ministre de la Guerre pour lui demander de faire exécuter des expériences dans ce sens. On s'est contenté de constater que le ballon revenait à son point de départ.

M. Duroy de Bruignac critique vivement, d'ailleurs, les expériences sur lesquelles on s'est appuyé pour décider que le ballon aurait la forme d'un cigare marchant le gros bout en avant, et non celle d'un fuseau symétrique ; on a opéré sur des solides en ébonite dont on observait la marche en les laissant tomber dans l'eau et leur marche dépendait principalement de la position relative de leur centre de gravité ; mais les résistances éprouvées par ces petits solides tombant dans l'eau n'avaient rien de commun avec celles qu'éprouve un dirigeable qui se déplace dans l'air.

Quant à l'hélice, il est exact, dit M. Duroy de Bruignac, que, placée à l'avant, elle a l'avantage de conduire, mais elle a aussi l'inconvénient d'augmenter la résistance au déplacement, le ballon rencontrant le courant causé par l'hélice en plus du courant de translation. Et il fait observer que la comparaison de M. Soreau avec la brouette n'est pas juste. En tirant la brouette au lieu de la pousser sur un mauvais terrain on gagne incontestablement, parce que la force développée en poussant peut se décomposer en deux : l'une parallèle au sol et l'autre perpendiculaire, qui a pour effet de faire pénétrer la roue dans le sol ; au contraire, lorsqu'on tire la brouette, la même décomposition de force montre qu'il y a une composante qui soulève la roue. Il n'y a rien d'analogue pour les ballons ; et il est probable, d'après cela, que l'hélice placée à l'arrière vaut mieux, le gouvernail suffisant à la direction.

M. Duroy de Bruignac ajoute qu'il y a avantage à placer l'hélice dans l'axe du ballon ou dans le plan des axes de ballons conjugués. Dans ce cas, surtout il importerait que l'hélice fût à l'arrière.

Toutes les formules proposées pour évaluer la résistance de translation des mobiles dans l'air sont, dit-il, faciles à calculer ; mais, on peut leur reprocher de n'être pas exactes. Ce n'est pas une raison pour les négliger entièrement, comme on le fait, et se priver des indications très nettes

qu'elles donnent ; ces indications concordent bien (pour la formule du sinus cube) avec l'expérience des bateaux, c'est-à-dire, signalent la grande influence des petites variations d'incidence. Au moins, faudrait-il contrôler ces indications par des essais comparatifs ; on n'en a fait rien.

Il serait utile d'essayer, poursuit M. Duroy de Bruignac, dans quelle mesure la compression du gaz pourrait remplacer, plus ou moins, le vide.

Enfin, si le ballon *General Meunier*, qui paraît presque semblable au ballon *la France*, atteint avec son nouveau moteur la vitesse de 11 m., on peut conclure qu'une vitesse beaucoup plus grande est possible, dès aujourd'hui, avec les autres améliorations indiquées ci-dessus.

M. le Président, avant de donner la parole à M. Soreau pour répondre à son contradicteur, croit devoir faire observer à M. Duroy de Bruignac que le mémoire de M. Soreau repose sur des faits précis, sur des expériences réellement effectuées, qu'il n'a pas inventées, et auxquelles on n'a opposé que des critiques, des opinions personnelles.

M. Duroy de Bruignac fait observer qu'il a précisément critiqué plusieurs des expériences faites d'une façon incomplète, et, dans des conditions où elles n'ont pas été concluantes ; enfin, il a signalé que, sur certains points, il n'y a pas eu expérience du tout.

M. Soreau, en raison de l'heure très avancée, veut ne répondre que d'une manière très brève.

Il n'a pas nié, dit-il, qu'il pût y avoir quelques analogies entre les bateaux à hélices et les dirigeables, mais il a fait ressortir entre eux des différences très nettes, ce qui n'est pas la même chose. Les bateaux notamment se meuvent dans le plan de séparation de l'air et de l'eau, ce qui est pour eux une circonstance éminemment favorable ; peut-être pourrait-on poursuivre la comparaison des bateaux et des dirigeables si on avait trouvé le moyen de soustraire ceux-ci aux perpétuels mouvements de montée et de descente ; on n'y a malheureusement pas encore réussi.

M. Duroy de Bruignac dit qu'il n'a parlé que du mouvement horizontal en a averti suffisant pour la comparaison des formes, qui était son but. C'est le cas de beaucoup le plus ordinaire, et il le croit suffisant pour décider de la forme générale, qui ne peut pas varier avec le cas.

M. Soreau le conteste absolument ; quand le ballon monte ou descend, la vitesse du vent surplombe le ballon ou le prend en dessous, et M. de Bruignac lui-même a exposé combien la résistance augmente quand s'accroissent les angles d'incidence.

M. Soreau maintient qu'au point où en est la question, les perfectionnements résulteront *surtout* de l'allégement du moteur ; il a trop longuement étudié cette question dans son mémoire pour y revenir encore dans la discussion.

Quant à l'expérience des petits solides dont il vient d'être parlé en détail, il ne l'a jamais considérée, suivant sa propre expression, que

comme un « moyen de recherches très grossier », ayant pour but de déterminer non pas la forme de moindre résistance, mais la forme de meilleure stabilité.

M. Soreau est d'accord avec M. de Bruignac, lorsqu'il dit qu'on ne doit pas chercher à copier la nature; cette expression même se trouve dans son mémoire. Il estime, néanmoins, qu'on doit tenir compte des enseignements qu'elle fournit : or, l'exemple des poissons qui ont *tous* un développement beaucoup plus grand à l'arrière qu'à l'avant, indique l'avantage des poupes allongées, et le raisonnement confirme cette présomption.

Quant à l'expérience qui aurait consisté à faire évoluer le ballon de MM. Renard et Krebs, le petit bout en avant, M. Soreau dit qu'il aurait fallu non seulement l'assentiment du ministre, mais aussi celui du ballon. Or, celui-ci ne se serait pas longtemps prêté à une telle expérience : une légère variation des conditions atmosphériques, une manœuvre du gouvernail inclinant la direction du vent relatif auraient infailliblement retourné le ballon bout pour bout; et il en donne la démonstration au tableau.

M. Duroy de Bruignac déclare qu'il n'a pas compris la démonstration par laquelle M. Soreau a cherché à établir que l'essai du *ballon* LA FRANCE *marchant le petit bout en avant* ne pouvait pas se faire; M. de Bruignac, au contraire, soutient que c'était très possible. La réponse péremptoire aurait consisté à essayer; il est très regrettable qu'on ne l'ait pas fait.

Il ajoute qu'il est très exactement renseigné sur la manière dont ont été dirigées et exécutées les expériences sur les petits solides; mais que peu importe comment ces expériences ont été entendues, ou auraient pu l'être ; l'important étant d'apprécier l'application à laquelle elles ont conduit.

Il estime que l'on ne doit pas dédaigner la théorie parce que les formules qu'elle donne peuvent éclairer la question. La formule, exacte quand il s'agit de bateaux, serait vraisemblablement une formule plus ou moins approchée, appliquée aux ballons dirigeables; dans tous les cas, il pense qu'il y aurait là une étude à faire.

M. Duroy de Bruignac trouve incomplète la démonstration de M. Soreau, car, dit-il, il ne suffit pas de montrer qu'il existe des conditions *géométriques* de direction : il faudrait indiquer la puissance de cette direction et la valeur du surcroît de résistance qu'elle cause. C'est le seul moyen de juger son utilité pratique. Il pense que le *surplus de direction* résultant du gros bout en avant est très petit, à cause de la légèreté de l'appareil, et que le *surplus de résistance* causé par cette disposition est très grand, à cause de l'accroissement des angles d'incidence.

M. Duroy de Bruignac constate qu'il existe quelques malentendus entre M. Soreau et lui, mais, l'heure lui paraissant trop avancée pour permettre de prolonger la discussion, il s'en réfère aux termes de sa communication.

M. Soreau répond qu'il s'en réfère très volontiers, lui aussi, aux termes

le son mémoire, d'autant plus qu'il y a, par avance, refuté presque toutes les objections qui viennent de lui être faites; il y a nettement établi, en particulier, qu'on ne peut comparer les dirigeables aux ballons, et qu'on doit avant tout assurer la stabilité de route, la résistance fut-elle en être doublée. Pour la comparaison avec la brouette, il ne s'attendait pas à ce qu'on la repoussât, parce que la décomposition des forces n'est pas la même dans les deux cas! La comparaison n'avait pour but que de faire comprendre, par un exemple familier, les avantages de la traction sur un corps éminemment *flexible*.

En demandant qu'on place l'hélice dans l'axe du ballon, M. de Bruignac suppose que celui-ci supporte toute la résistance, alors qu'il n'en supporte qu'une fraction relativement faible, qui était de un tiers dans le dirigeable de M. Dupuy de Lôme. Ce dispositif ne détruit donc pas le couple perturbateur, et ne sert qu'à compliquer singulièrement la construction.

Quant au reproche qu'on lui adresse de négliger la théorie, il croit avec, dans l'état actuel de nos connaissances sur la constitution des fluides, il convient de s'en rapporter surtout à l'expérience, tout en la guidant par des conceptions théoriques soumises à un contrôle incessant. Cette pensée se trouve, du reste, clairement développée dans son mémoire.

Pour l'hélice aérienne, en particulier, il ne croit pas qu'il existe de théorie pure qui donne sur elle des renseignements complets et précis.

M. Hatzmann dit que cette question est entièrement développée dans les œuvres de Cauchy; en particulier, tout ce que M. Soreau a exposé dans sa communication au sujet de la compression et de la raréfaction de l'air y est très clairement expliqué.

M. Soreau répond qu'il n'ignore pas que cette question a été étudiée par Cauchy; mais qu'il sait aussi qu'elle n'a pas été complètement résolue par lui. Au reste, les formules de ce savant sont, le plus souvent, bien compliquées. Ce problème a été repris depuis par d'autres savants: M. Bertrand, M. Résal, M. Vallier, etc., mais personne encore n'a opéré la séparation de la compression à l'avant et de l'aspiration à l'arrière, séparation qui paraît indispensable à M. Soreau pour passer du cas d'un ellipsoïde à celui d'une surface d'ordre plus élevé.

M. Hatzmann croit qu'au point de vue des déterminations pratiques, il y a de très grandes difficultés pour y arriver, que le fluide dont il s'agit soit un liquide ou un gaz.

Il faut remarquer que l'on a fait des photographies des obus en mouvement et il pense que c'est à l'aide de la photographie, seule, que l'on pourra aboutir.

M. Soreau objecte qu'il a précisément parlé des photographies, mais que les épreuves obtenues par Mach et Salcher ne peuvent servir de base au calcul. Pour faire œuvre utile, pour arriver à la séparation indispensable, il faudrait sans doute opérer, non plus avec un obus allongé, mais avec un plan, ce qui ne serait pas précisément facile comme balistique.

Pour terminer, M. Haubtmann demande à poser quelques questions à M. Soreau.

Si l'on arrive à faire un ballon d'une stabilité parfaite, il voudrait savoir comment on le fera résister à l'action du vent; comment on le fera résister à l'effort de la pression intérieure; et, enfin, comment on pourra obtenir une étoffe de soie capable de résister à des vents de bourrasques.

La réponse sera très simple, dit M. Soreau, il suffit de gonfler le ballon, avec une surpression à l'intérieur, surpression toujours faible qui est déterminée par la longueur de la manche d'appendice. Quant aux bourrasques, elles n'existent que pour nous et les objets qui sont liés au sol; mais elles n'existent pas pour les ballons dont la vitesse propre est seule en jeu. Avec les vitesses actuelles, et pendant longtemps encore, les étoffes offriront une résistance largement suffisante.

L'heure étant très avancée, M. D.-A. Casalonga ne croit pas pouvoir utilement prendre la parole qu'il avait précédemment demandée pour cette séance, et personne ne l'ayant d'autre part réclamée, M. le Président déclare la discussion close.

La séance est levée à 11 heures un quart.

Séance du 21 avril 1893.

Présidence de M. P. Jousselin.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

M. Duroy de Bruignac obtient la parole au sujet du procès-verbal de la précédente séance. Il demande tout d'abord à M. le Président s'il persiste à s'opposer à l'insertion *in extenso* du texte de sa communication aux Mémoires et Comptes Rendus *(Bulletin)*, en dehors du procès-verbal.

Dans le cas, en effet, où son travail serait publié *in extenso*, au *Bulletin*, il acceptera le procès-verbal en ce qui le concerne, bien qu'il contienne, d'après lui, quelques erreurs, quoique préparé, du reste, dit-il, avec un soin évident. Il ajoute qu'il est, d'ailleurs, à son avis, impossible qu'un procès-verbal reproduise bien exactement la physionomie d'une discussion aussi animée que celle qui a eu lieu à la quinzaine précédente. Mais si la publication de sa communication ne devait pas avoir lieu il protesterait, quant à lui, contre l'adoption d'un procès-verbal qui lui paraît trop incomplet pour pouvoir *à lui seul* suffire à rappeler ce qui a été dit; et il réclamerait l'insertion *in extenso* au procès-verbal de sa note, qui n'est que le résumé fidèle de ce qu'il a dit en séance.

Il y a donc là une question préjudicielle.

M. le Président répond qu'il croit avoir fidèlement interprété le règlement, en ce qui touche le compte rendu et les publications de la Société; mais du moment qu'il a vu que M. Duroy de Bruignac ne se rangeait pas à sa manière de voir, il s'est empressé de se dessaisir de la question et de la soumettre au Comité.

M. Duroy de Bruignac répond que le Comité ne lui paraît pas pouvoir autrement délibérer à ce sujet, car c'est en vertu même du règlement qu'on lui objecte, qu'il réclame la publication du texte de sa communication. Il fait remarquer qu'il s'agit d'une communication déjà faite et non d'une communication à faire, que dès lors il n'est plus visé par les articles 71 et suivants, auxquels a fait allusion M. le Président dans sa correspondance et que l'article 60 seul le concerne. Cet article prescrit « que les différentes idées émises dans la discussion laissent une trace exacte ».

L'usage, dit-il, s'est établi, avec raison, que cette prescription pouvait être satisfaite, soit par un procès-verbal suffisamment développé, soit par un procès-verbal très court, complété par la publication de documents annexes. C'est en vertu de cet usage que M. Duroy de Bruignac réclame et il affirme qu'il ne fait que se réclamer d'un droit. Le refus de M. le Président est une infraction à l'article 60 du règlement qui est pourtant la seule sauvegarde des membres dans la discussion.

M. le Président dit qu'il ne veut pas relever le mot de M. Duroy de Bruignac qui le vise personnellement. Il constate seulement que sa manière d'interpréter le règlement n'est pas la même que celle de son collègue ; le juge naturel du différend, c'est le Comité. Il était de son devoir de lui soumettre la question : c'est ce qu'il a fait dès le 15 avril, lorsqu'il a vu que M. Duroy de Bruignac ne se rendait pas à son avis. Le Comité vient d'en délibérer, et, il n'a pas trouvé que la solution fût aussi simple que l'indique M. Duroy de Bruignac ; car, après ce premier examen, il a renvoyé la question au Bureau pour étude plus approfondie. Le Bureau, en vertu de la délégation qu'il vient de recevoir, statuera dans le sens le plus libéral, on peut en être assuré d'avance.

M. le Secrétaire demande à prendre la parole puisque son procès-verbal se trouve attaqué. M. Gassaud explique que, pour mieux reproduire la pensée de M. Duroy de Bruignac, il l'a prié de lui remettre un résumé sommaire de sa communication. C'est avec ce résumé, conservé aux archives, rectifié toutefois en quelques points avec *la sténographie*, qu'il a rédigé son procès-verbal, en conservant autant que possible les termes mêmes employés par son collègue. Il reconnaît cependant qu'il a dû l'augmenter un peu, précisément comme l'avait demandé M. le Président, en utilisant les notes du sténographe pour que les réponses faites à M. Duroy de Bruignac puissent trouver leur place, et en vue de la non-insertion de son travail au *Bulletin*.

Dans ces conditions M. Gassaud s'étonne que l'on proteste contre son procès-verbal, d'autant plus que M. Duroy de Bruignac ne précisant aucune erreur, il ne lui est pas possible de réfuter ses dires. M. le Secrétaire fait remarquer aussi que les épreuves de l'imprimerie ont été com-

muniquées, comme d'usage, à M. Duroy de Bruignac, et que les corrections de ce dernier dont il a été, du reste, tenu compte, sont absolument insignifiantes. Ces épreuves corrigées sont, comme d'habitude, déposées aux archives.

M. Duroy de Bruignac répond qu'il a déjà rendu hommage au soin apporté à rendre la physionomie du débat; mais le procès-verbal serait-il la reproduction exacte de son propre résumé, ce qui n'est pas, comme on vient de le reconnaître, il ne pourrait l'accepter comme procès-verbal *unique*. Il ne l'a proposé qu'à la condition expresse que le texte de sa communication en serait le complément.

M. le Président dit que la question étant à l'étude et ne pouvant être tranchée en ce moment, il donne acte à M. Duroy de Bruignac de ses réserves qui figureront au procès-verbal de ce jour.

M. le Président demande s'il y a quelque autre observation au sujet du procès-verbal.

M. D.-A. Casalonga dit qu'il est exact qu'il a renoncé à prendre la parole à la dernière séance à cause de l'heure avancée, mais il demande à préciser le sens de ses paroles. Il a voulu dire qu'il demandait à ne pas prendre la parole ce jour-là à cause de l'heure; mais s'il avait entendu prononcer le mot de clôture de la discussion, il se serait mis aux ordres de M. le Président et de l'Assemblée.

M. le Président répond qu'il n'est pas possible de lui donner immédiatement la parole pour les quelques observations qu'il aurait à présenter, mais, pour qu'il ait satisfaction, à une prochaine séance, où l'ordre du jour sera peu chargé, on lui accordera quelques instants pour lui permettre d'exposer les critiques qu'il a à adresser soit à M. Soreau, sur sa communication, soit à ses contradicteurs.

Sous le bénéfice de ces observations, le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. le Président a le regret d'annoncer le décès de plusieurs membres de la Société :

M. Armengaud (père), Charles, doyen des Ingénieurs Conseils en matière de brevets d'invention, chevalier de la Légion d'honneur, auteur de divers ouvrages sur les chemins de fer, la construction et la mécanique ; membre de la Société depuis 1856.

Tous les membres de la Société, ajoute M. le Président, ont connu M. Armengaud père aussi bien que son fils, l'un de nos plus distingués collègues ; il croit être l'interprète du sentiment unanime en lui adressant les regrets que la Société éprouve de cette mort.

M. D.-A. Casalonga a prononcé sur sa tombe des paroles émues retraçant sa biographie. Son discours sera publié dans notre *Bulletin*.

M. le vice-amiral Pâris, membre de l'Institut et du Bureau des longitudes, conservateur du musée naval du Louvre, grand-croix de la Légion d'honneur, membre honoraire de la Société depuis 1884.

On sait tout l'intérêt que l'amiral Pâris portait aux questions indus-

[illegible]ies. C'est une grande figure qui vient de disparaître, et sa mort est [illegible] perte vivement ressentie par la Société et par le pays.

M. Hamelin, Gustave-Thomas, Ingénieur des Arts et Manufactures, [illegible] de l'École Centrale en 1872, membre de la Société depuis 1873.

Enfin, M. Arnoldi, Louis-Jules, ancien administrateur des Chemins [illegible] fer régionaux des Bouches-du-Rhône et de la Compagnie du Che[illegible] de fer de Dakar à Saint-Louis, chevalier de la Légion d'honneur, [illegible]mbre de la Société depuis 1873.

M. le Président a la satisfaction d'annoncer que M. de Comberousse, [illegible]sident du Conseil de perfectionnement de l'École Centrale, vient [illegible] être nommé membre du Conseil supérieur de l'Instruction publique; [illegible] nomination a paru au *Journal officiel* du 19 avril. Au nom de la [illegible]été, il adresse à ce sujet des félicitations à son éminent ancien [illegible]sident. (*Applaudissements.*)

Il annonce également que MM. Pierre Arbel, Gustave Richard, Wha[illegible], Blanchet, Loonen et Ch. Marteau ont été nommés délégués, en [illegible] de membres français du Jury international des récompenses, à [illegible]xposition de Chicago.

La Société ne peut que se féliciter de ces choix, qui portent sur des [illegible] connus et appréciés de tous : elle sera dignement représentée par [illegible] à cette Exposition.

M. le Président dépose la liste des ouvrages reçus depuis la dernière [illegible] et signale, entre autres, un Mémoire de M. de Cœne, concer[illegible] le *Congrès de navigation intérieure tenu à Paris en 1892*. Ce travail [illegible]plétera la communication faite déjà par M. Fleury sur ce même [illegible]grès. Il signale également le don fait à la Société par M. le colonel [illegible]ssedat, en sa qualité de directeur du Conservatoire des Arts et Métiers, et au nom de M. le ministre du Commerce, d'un exemplaire du [illegible] volume (1892) de la 2ᵉ série des *Annales du Conservatoire des Arts et Métiers*, les publications ultérieures seront reçues par fascicules séparés. [illegible] signale, enfin, deux ouvrages déjà anciens, donnés par M. Lencau[illegible], l'un daté de 1862 et l'autre de 1858. Ce dernier est intitulé : *[illegible] d'un nouvel établissement pour la fabrication de poudrette et de sels [illegible]*. Il est très intéressant, surtout au point de vue historique.

M[illegible] Président adresse ses remerciements personnels à M. Lencauchez; [illegible] permet d'y joindre ceux de l'assemblée.

Au nom du Comité, M. le Président propose d'adjoindre le nom de M. L. Coiseau à ceux des collègues déjà désignés à la précédente séance [illegible] délégués de la Société au Congrès des travaux maritimes de [illegible]. (*Adopté.*)

La liste des délégués se trouve ainsi arrêtée comme suit : MM. de [illegible]vet, de Cœne, L. Coiseau, J. Fleury, Hersent, Molinos et Pontzen.

M. le Président annonce que plusieurs membres de la Société ont [illegible] abandon des bons souscrits par eux à l'emprunt de 1889. Ce sont : MM. Anthoni, 4 bons; Bourdil, 2 bons; Brauer, 4 bons, et Gotteran, 1 bon, ensemble 11 bons — 550 f. Au nom de la Société, il les remercie [illegible] ces dons généreux.

M. LE PRÉSIDENT rend compte ensuite des expériences de touage par adhérence magnétique, à l'aide de l'appareil imaginé par M. de Bovet. auxquelles ont assisté un grand nombre de membres de la Société, sur l'invitation de MM. Molinos et de Bovet. Ces expériences ont eu lieu à partir de Sèvres; elles ont eu un plein succès, et l'on peut affirmer que M. de Bovet a ouvert une voie nouvelle à l'industrie électrique. L'adhérence obtenue est tellement énergique, qu'elle sera certainement utilisée pour les appareils de levage et autres. On ne peut que lui adresser, à ce sujet, des félicitations. Il y a lieu de comprendre dans ces félicitations M. Boileau, le distingué collaborateur de M. de Bovet, qui, dans l'établissement de cet appareil, a joué un rôle très important. M. le Président lui exprime, en même temps, ses remerciments pour avoir bien voulu donner sur place à ses collègues des renseignements techniques très intéressants sur son fonctionnement.

M. DE BOVET représente en projections, pour les personnes qui n'ont pu assister aux expériences, différentes photographies du toueur en service.

L'ordre du jour appelle la communication de M. OCTAVE DE ROCHEFORT-LUÇAY sur les *Nouveaux Procédés Bertrand pour recouvrir d'oxyde magnétique et émailler le fer et les carbures de fer.*

M. O. DE ROCHEFORT-LUÇAY expose que l'un des oxydes que forme le fer, l'oxyde salin ou magnétique, Fe^3O^4, est inattaquable par les acides, mauvais conducteur de l'électricité, insensible aux agents atmosphériques et d'une grande fixité. Il est naturel qu'on ait pensé à lui pour soustraire le fer, l'acier et la fonte de fer à l'action de sa terrible sœur, la rouille, sesquioxyde de fer, Fe^2O^3, ennemie née du fer et de ses carbures.

La formation de l'oxyde magnétique, au point de vue théorique, est obscure; sa couleur est bleu-ardoise, noircissant avec le temps.

Deux ingénieurs anglais, MM. Barff et Bower, ont les premiers recouvert pratiquement le fer, l'acier et la fonte d'oxyde magnétique, de manière à former, aux dépens du métal lui-même, la couche protectrice qu'on demande ordinairement à la peinture, à une couche mince d'un métal inoxydable, à l'émaillage, etc.

Pour le fer et l'acier, ils emploient industriellement le procédé célèbre de décomposition de l'eau dû à Lavoisier. Ils font passer sur les pièces chauffées à 800°, dans un four spécial, un courant de vapeur d'eau; seulement ils surchauffent la vapeur à une température supérieure à celle des pièces à oxyder. Dans ces conditions, l'oxyde magnétique se forme et est adhérent.

On ne peut traiter ainsi la fonte, plus difficilement oxydable. MM. Barff et Bower emploient pour la fonte un autre procédé : ils chauffent d'abord la fonte à 800° environ dans un four spécial; puis : 1° ils insufflent un mélange oxydant d'air et d'acide carbonique; la fonte se couvre de colcotar (sesquioxyde de fer), c'est la période d'oxydation; 2° cessant d'insuffler air et acide carbonique, ils font passer des carbures du foyer sur cette fonte oxydée au colcotar; les carbures s'emparent d'une partie de l'oxy-

e se et Fe^3O^4 devient Fe^2O^3. Ce procédé, spécial à la fonte, est très ingénieux : il est employé avec succès par la maison André, de Cousances-aux-Forges (Meuse), en Angleterre et aux États-Unis. La critique qu'on en peut faire est d'être long, la cuisson dure quatre à cinq heures, d'exiger des fours spéciaux coûteux, des gazomètres, et aussi de donner lieu à des difficultés de main-d'œuvre pour régler et diriger convenablement les courants gazeux successivement employés.

Les procédés Bertrand sont bien plus simples, ils reposent sur une découverte absolument nouvelle en chimie et qui peut se formuler ainsi :

Si sur le fer ou la fonte de fer, on forme une mince pellicule adhérente d'un autre métal et qu'on expose ce fer ou cette fonte, porté à une température de 1 000°, à un courant de gaz oxydant, l'oxygène pénètre à travers cette pellicule, oxyde le fer ou la fonte et c'est de l'oxyde *magnétique* qui naît dans ces conditions ; la formation de l'oxyde magnétique, ainsi amorcée, se continue indéfiniment et l'épaisseur de la couche d'oxyde augmente avec le temps d'exposition au courant oxydant, la température restant toujours dans les environs de 1 000°.

Quant à la pellicule de métal déposée primitivement, elle disparaît en quelque sorte, formant des oxydes qui se mêlent à l'oxyde magnétique ou se volatilisent suivant la nature du métal qui entre dans leur composition.

M. Bertrand a été alors amené à rechercher le meilleur métal et le meilleur mode de dépôt de ce métal ; il a trouvé que le bronze, alliage de cuivre et d'étain, donnait au point de vue pratique toute satisfaction. Pour déposer ce bronze sur le fer et la fonte, M. Bertrand emploie l'électricité ou les bains au trempé et se sert de l'acide sulfo-phénique (mélange de ortho, para et métaphénolsulfureux). L'emploi industriel de cet acide est absolument nouveau et j'en entretiendrai peut-être un autre jour la Société.

Au point de vue pratique, voici la marche suivie dans l'usine Bertrand pour une oxydation :

La pièce est nettoyée (le décapage n'est pas indispensable), puis trempée dans un bain d'une dissolution de sulfophénate de cuivre et de sulfophénate d'étain.

La couche de bronze formée, la pièce est lavée à l'eau chaude et séchée à la sciure de bois.

La pièce sèche est enfournée dans un four à flamme ouverte ordinaire. L'oxyde magnétique se forme et, au bout de quinze à trente minutes, suivant les objets, la pièce est déformée, suffisamment oxydée. La couche produite varie de 1/10e de millimètre à 1,5e, suivant la durée de l'opération.

La couche est bien de l'oxyde magnétique ; elle est attirable par l'aimant ; elle est inaltérable aux acides ; elle ne conduit pas l'électricité.

M. Bertrand se sert ingénieusement de l'électricité pour constater si la couche formée est d'épaisseur suffisante et répandue uniformément : il se sert d'une sonnerie ; si en mettant les deux fils en contact avec la pièce oxydée, la sonnerie se met en branle, le courant passe, l'oxyda-

tion est insuffisante, si elle reste muette, l'oxyde formé est d'épaisseur pratique suffisante.

M. de Rochefort présente différents objets recouverts d'oxyde magnétique, il fait l'expérience de la sonnerie.

Le procédé s'applique en ce moment en grand à l'oxydation d'ustensiles culinaires en fonte, à la conservation des fontes gardées au grand air et, en général, à la préservation des fontes, d'art ou autres.

Procédé nouveau d'émaillage. — Actuellement il n'y a guère que deux procédés pour émailler la fonte.

Dans le premier, dit à chaud, on saupoudre la fonte, portée au rouge vif, d'une poudre de fondant (borosilicate de plomb) distribuée au tamis, puis on fait cuire, et quand le fondant est en fusion on saupoudre a nouveau d'un verre plus soluble formant le glacis d'émail. Ce procédé, le seul émaillant directement, est dangereux et même impossible pour les grandes pièces ; il ne permet pas les décorations.

Le second procédé consiste à revêtir la fonte, soit par deux, soit par trois cuissons distinctes et successives d'une sorte de faïence, c'est le faïençage de la fonte, si j'ose m'exprimer ainsi, plutôt que l'émaillage.

Dans l'émaillage Bertrand, la pièce, préalablement recouverte d'oxyde magnétique, est trempée dans une bouillie de borosylicates de plomb, colorés par des oxydes métalliques dans laquelle on ajoute un peu de terre de pipe pour donner un peu plus de corps. La pièce ainsi recouverte à froid, soit par trempage, soit au pinceau, est enfournée ; l'émail prend et se vitrifie aux températures ordinaires des fours d'émailleurs.

On peut aussi, en passant au pinceau une couche d'émail, colorée à volonté, sur une couche précédente, simplement séchée, former à froid toutes décorations et cuire le tout d'un seul coup.

Ces résultats, dus à l'oxydation préalable à l'oxyde magnétique, sont remarquables, tant au point de vue du coloris que de l'adhérence de l'émail et de sa résistance aux intempéries.

On comprend, du reste, qu'ayant entre l'émail et la fonte un corps mauvais conducteur de l'électricité, inattaquable aux acides, formant corps avec la fonte et avec l'émail, l'émail et la fonte soient liés d'une manière puissante et pour un temps indéfini.

M. de Rochefort présente différents spécimens remarquables de fonte émaillée, vases, plaques, tuyaux, etc.

Le bon marché et la facilité de ce nouveau mode d'émaillage a permis des emplois nouveaux de la fonte et du fer émaillé.

Le plus important, outre la fonte décorée, est l'émaillage intérieur des tuyaux de descente des eaux ménagères et autres. C'est la Compagnie de Pont-à-Mousson (Meurthe), qui est concessionnaire du brevet Bertrand pour les tuyaux, qu'elle commence à fabriquer en grand (6 *t* par jour).

M. le Président remercie M. O. de Rochefort-Luçay. La question présente de l'importance et sa communication est très intéressante.

M. du Bousquet demande si la transmission de la chaleur se fait bien et si le procédé pourrait être appliqué aux tubes de fer des chaudières.

M. Gassaud demande si des expériences ont été faites sur le coefficient de dilatation ; car si le coefficient de dilatation de la partie superficielle n'est pas le même que celui du metal sous-jacent, l'adhérence peut se maintenir si les variations de température sont fréquentes.

M. O. de Rochefort-Luçay répond que la transmission de la chaleur se fait bien ; mais il ne sait pas si le procédé pourrait être appliqué aux parois des chaudières. A très haute température, l'oxydation magnétique pourrait se continuer. Il cède la parole à M. Bertrand, présent à la séance, pour qu'il puisse répondre aux questions posées.

M. Bertrand dit qu'il ne croit pas que la couche d'oxyde magnétique existerait dans les conditions où sont placées les parois intérieures des tubes de chaudières. Il a déjà émaillé par son procédé l'intérieur de ces tubes et les résultats ont été satisfaisants. On peut aussi émailler l'intérieur des corps de pompe destinés aux liquides acides.

M. le Président donne ensuite la parole à M. de Salis pour sa communication sur le *Matériel agricole à l'Exposition de février 1893 aux Champs-Élysées*.

M. de Salis s'excuse de présenter aussi tard un travail qui aurait eu beaucoup plus d'intérêt au moment où les machines et appareils dont va entretenir la Société se trouvaient encore exposés ; mais cela n'a pas dépendu de lui, et il a dû se soumettre aux nécessités de l'ordre du jour. Il passe en revue tout ce qui, dans cette exposition, pouvait spécialement intéresser les Ingénieurs ; son mémoire sera publié au *Bulletin*.

M. le Président dit qu'on ne peut que remercier très vivement M. de Salis du soin avec lequel il a réuni et condensé dans son travail tout ce qu'a l'Exposition du Concours général agricole, était de nature à intéresser ses collègues.

L'ordre du jour appelle la communication et la discussion sur le *Tout à l'égout* par MM. P. Duvillard, Herscher et Badois.

La parole est tout d'abord donnée à M. P. Duvillard pour développer sa communication.

M. Duvillard, dans ce nouveau mémoire, part du fait acquis du Tout à l'égout, en voie d'exécution après un vote du Conseil municipal, approuvé par les Chambres, et se préoccupe d'en atténuer les conséquences, qu'il considère comme fâcheuses, par l'adduction d'une grande quantité d'eau froide prise au lac Léman.

Il réfute les principales objections faites à ce projet et démontre que Paris ne possède pas actuellement assez d'eau, comme on le prétend à tort, et que, d'après les appréciations de Belgrand et de Couche, la population actuelle de Paris et de la banlieue, qui s'accroît constamment, aurait déjà 1 000 000 m³ d'eau par jour; qu'on est loin de ce chiffre puisque partie de l'eau utilisée est de l'eau de l'Ourcq ou de Seine, « véhicule de mille maladies et véhicule de toutes les épidémies. Paris ne peut accepter cette situation. Il a les moyens de se procurer des eaux abondantes et saines; il doit le faire.

M. Duvillard, par plusieurs exemples et comparaisons, explique que l'évaluation au chiffre de 500 millions des travaux pour l'adduction des eaux du lac Léman n'est pas trop faible et qu'on n'a pas à craindre de la voir dépassée.

Ce projet constitue, suivant lui, une œuvre utile et humanitaire de premier ordre, qui permettrait de pourvoir abondamment d'eau pure la population du bassin parisien à un prix bien moindre que les taux actuels de 0,33 *f* et plus auxquels est taxé le mètre cube d'eau potable et qui constituent un véritable impôt sur une substance aussi nécessaire que le pain.

Il n'y a nul doute que les besoins de plus en plus impérieux en eau pure d'une population urbaine et suburbaine de 4 millions d'habitants, qui sera celle du centre de Paris d'ici peu d'années, produiront des demandes qui, sous toutes formes, procureront une recette évaluée de 60 à 70 millions de francs par an, justifiant ainsi la dépense pour l'exécution. Ce projet amènera des eaux incontestablement pures et fraîches, et il ne présente aucune des difficultés techniques qu'on redoute.

Examinant ensuite l'épandage sur le sol des environs de la capitale de toutes les eaux et matières d'égouts selon le projet municipal actuel, M. Duvillard conteste que cette opération doive se faire sans beaucoup d'inconvénients qu'il énumère, et il conclut que, très probablement, une grande partie des eaux salies se déverseront purement et simplement en Seine sans avoir été suffisamment épurées. Il démontre que les égouts, destinés en principe à l'expulsion des eaux pluviales, qui souvent apportent 120 à 300 m^3 d'eau par seconde, ne sauraient être insuffisants pour écouler 5 à 6 m^3 par seconde de plus, et qu'il faudra toujours, en tous cas, donner aux égouts le développement nécessaire pour évacuer la quantité d'eau constamment croissante nécessaire à l'alimentation, qu'elle soit amenée par son projet ou par tout autre moyen, mais que sa proposition a tout au moins l'avantage de déverser dans les égouts une eau pure et fraîche en grande abondance, qui diluera les matières et les entraînera rapidement sans leur donner le temps de fermenter, et que cet apport, arrivant en définitive dans le courant du fleuve sans lui avoir été emprunté, lui restituera la vitesse de régime que l'établissement de nombreux barrages de navigation lui a fait perdre.

La Seine étant ainsi grossie, ses eaux seront moins polluées relativement et s'écouleront beaucoup plus rapidement au grand avantage de l'assainissement général.

M. Duvillard fait ressortir que le mode d'évacuation des matières fécales et des eaux ménagères et de celles des abattoirs et hôpitaux n'oblige pas à un réseau unique d'ouvrages pour leur enlèvement. Une nouvelle solution de ce problème s'impose et il fait appel au Génie civil pour la résoudre, en indiquant et discutant les procédés déjà proposés. Il proscrit aussi complètement le rejet des eaux insalubres et malsaines des usines dans les égouts et surtout dans la Seine.

Enfin il résume sa communication en disant que l'assainissement nécessaire au développement de la cité parisienne et à la santé des populations réunies dans ce centre important, exige une grande abondance d'eau pure et froide, nécessaire tout d'abord aussi à son alimentation.

Le système actuellement suivi va à l'encontre de cette théorie, et le unique et infaillible moyen d'atteindre le but désiré, c'est de pratiquer une importante prise d'eau dans la partie française du Léman, où il s'en trouve en abondance de qualité supérieure à toute autre, et de créer sur les hauteurs de Châtillon une source vive où Paris et chaque commune des départements de la Seine et de Seine-et-Oise pourront venir puiser selon leurs besoins et leurs ressources, et cela à un prix moitié moindre que ne coûtent les eaux actuellement dérivées dans le bassin de la Seine.

M. le Président dit que M. Duvillard a préparé un travail très étudié et très complet. Il fait reposer entièrement la question du tout à l'égout sur l'adduction des eaux du lac Léman à Paris. A ce sujet M. Herscher, trop souffrant pour assister à la séance, lui a écrit une lettre dont il donne communication et où on lit :

« Tout en rendant hommage à la remarquable étude de notre distingué collègue, je me proposais de montrer avec preuves à l'appui qu'il est incomplètement renseigné en ce qui concerne Paris, que ses déductions s'en trouvent atteintes et surtout que sa conclusion — amener des eaux du lac Léman à Paris pour pouvoir assainir notre capitale — constitue, suivant moi, une opinion susceptible de nuire aux travaux d'assainissement qu'il est nécessaire d'effectuer presque partout en France. »

Telle est l'opinion personnelle de M. Herscher sur cette question.

M. E. Badois dit qu'il a quelques observations complémentaires à faire dans le même sens que M. Duvillard. M. E. Trélat ayant déjà demandé la parole pour protester contre ce qui vient d'être dit, peut-être vaudrait-il mieux qu'il répondît simultanément aux deux.

M. Badois s'attendait, du reste, à ces protestations ; il désire y répondre à l'avance et pour ne rien laisser au hasard de l'improvisation dans une aussi importante question, il a préparé une note, en forme de mémoire, dont il demande de donner lecture.

Il appuie les idées émises par M. Duvillard et désire les préciser sur quelques points.

La pensée, dit-il, d'assainir une grande cité par une adduction d'eau surabondante n'est pas sans précédent. Et Rome antique l'avait réalisée avec une ampleur qui doit donner à réfléchir à nos édiles modernes.

Il cite quelques chiffres, d'après l'ouvrage de notre collègue, M. Alfred Jacquier : *Les Travaux publics au temps des Romains*.

Les neuf aqueducs de la cité romaine, d'une longueur ensemble de 428 *km*, captaient plus de 1 200 000 m³ par jour et en amenaient, malgré les pertes, évaporations et détournements dans les campagnes environnantes, plus de 680 000 m³ par jour à la population de la ville et des faubourgs, qui atteignait en moyenne 500 000 habitants et n'a jamais dépassé 800 000 habitants. Quelques sources avoisinantes complétaient 200 000 m³ d'eaux de sources pures et fraîches.

En comparaison de ces chiffres, qu'aurons-nous pour la population actuelle de Paris, 2 400 000 habitants, et de sa banlieue, 1 200 000 habi-

tants, soit ensemble 3 600 000 habitants et qui, avec l'accroissement annuel de 50 000 à 60 000 âmes, atteindra avant dix années plus de 4 millions d'habitants, soit le dixième de la population totale de la France entière ?

Les quatre aqueducs de la Vanne, de la Dhuis, de l'Avre et du Lunain (qui n'est encore qu'en projet) auront ensemble une longueur de 535 km. Ils auront coûté, en dehors des réservoirs et canalisations de répartition, près de 150 millions de francs. Et ils n'amèneront au maximum que 300 000 m^3 par jour d'eaux de source ; ce débit sera même réduit dans les périodes sèches de l'été à 200 000 m^3.

On parfait aux besoins les plus pressants du lavage des rues et de la propreté des habitations, en élevant par machines 350 à 400 000 m^3 par jour d'eaux de rivière déjà souillées.

La comparaison de ces chiffres fait ressortir une évidente et notoire insuffisance de l'alimentation ; cette insuffisance ne peut que s'accroître par l'effet des besoins de plus en plus impérieux, qu'on ne pourra satisfaire tant qu'on suivra les errements actuels des petites adductions successives, ou autres expédients qui paraissent dès maintenant condamnés. L'orateur en donne les raisons et ne voit comme solution *complète et définitive*, et pour plusieurs siècles, de ce problème sans cesse renaissant, que la réalisation du projet de M. Duvillard. Une étude déjà très étendue lui a démontré, ainsi qu'à des personnes compétentes, que ce projet est pratique et qu'il permet, par l'emploi de *la moitié seulement* du volume d'eau dérivée, soit 1 million de mètres cubes par jour, *livrée à moitié prix* des tarifs actuels, de faire face à toutes les charges de l'entreprise et à l'amortissement, et de rémunérer le capital au taux de 4 1/2 0/0 et même 5 0/0.

Le million de mètres cubes journaliers excédant constituerait au fur et à mesure de son utilisation, qui n'est pas douteuse à bref délai, les bénéfices de l'opération.

M. Badois examine ensuite à un point de vue général la question d'assainissement et celle de l'évacuation des eaux usées. Il rend hommage à la conception théorique de l'épuration par le sol, due aux éminents Ingénieurs Mille et Durand-Claye. Mais il rappelle les inconvénients que la pratique de ce procédé a successivement mis à jour ; ces inconvénients ne peuvent que s'accentuer par une application intensive et sans mesure, et par l'accroissement constant du volume des eaux usées qui suivra les besoins d'une alimentation de plus en plus abondante ; le *tout à l'égout*, tel qu'il a été conçu primitivement, deviendra bientôt inapplicable. Il doit être modéré et restreint dans son application.

M. Badois ne trouve pas légitime, comme on l'a fait jusqu'ici, de ne considérer qu'une seule nature d'eau usée, l'*eau d'égout*, chargée de toutes les impuretés de la vie de la Cité. Il croit, au contraire, qu'il faut distinguer plusieurs catégories d'eaux usées, dont l'évacuation doit se faire par des moyens différents, et il pense qu'il est urgent de séparer surtout les eaux ménagères et chargées de vidanges qui doivent être expulsées par des conduits fermés et ne jamais être déversées dans les égouts ouverts ; de même que les eaux résiduaires et malsaines des

...nes insalubres qui doivent être perdues en puits profonds ou épurées ...r les industriels qui les produisent.

Les eaux d'égouts proprement dites, formées de celles provenant du ...ge des voies publiques, etant debarrassées ainsi des eaux pestilen... ...es, ne seraient plus dangereuses pour la santé publique et ne cons... ...eraient plus que la moitié ou les trois cinquièmes environ des eaux ...les, que l'on pourrait facilement et sans inconvénient alors évacuer ... épurer par les moyens prepares pour l'application générale du tout à ...out.

M. Badois résume sa communication en disant que, jusqu'à present, ...mentation d'eau et l'assainissement ont été bases sur les principes ...ivants :

1° Amener a Paris deux natures d'eau, de l'eau pure en quantité res... ...nte et de l'eau impure en bien plus grande quantité par un double ...stème de canalisation.

2° Expulser toutes les eaux usées, chargees de toutes les impuretés de ...a ville par un seul système d'evacuation.

...a conclusion sera qu'il faut renverser la proposition et la formuler ...si :

1° Amener a Paris une quantité *énorme* d'eau d'une *seule nature*, pure ...t fraiche, par un *seul* système de canalisation.

2° Expulser les eaux usees selon leur nature et leur provenance par ...n *double* système d'evacuation.

M. le Président remercie M. Badois de sa communication, qui com... ...te si bien celle de M. Duvillard.

M. E. Trélat rend hommage a son tour à la communication de M. Du... ...illard, mais il estime que son étude si precise et si bien travaillée rend ...cessaire la reprise à bref delai, a la Société des Ingenieurs civils, de ...a question de l'assainissement de Paris.

Ce qui se fait en ce moment à la gloire de la France, affirme M. Tre... ...lat, et aux applaudissements du monde entier, se trouve critique de ...a manière la plus energique. C'est meconnaître tout ce qui a été fait ...epuis vingt ans pour l'assainissement de la capitale; il doit reprendre ...exposé complet de la question.

Après échange d'observations, la discussion est renvoyée au 16 juin, ... la demande de M. Hallopeau, pour que les deux Mémoires soient, au ...ievalable, publiés *in extenso*. M. Hallopeau profite de ce qu'il a la parole ...our féliciter les auteurs des deux communications, sur une question ...'un si haut intérêt pour Paris et plus encore pour la banlieue de Paris.

M. Léon Thomas tient, dès maintenant, à appuyer ce qui vient d'être ...it par MM. Duvillard et Badois, et combattre les protestations de M. Trélat, qui semble taxer ses collègues d'ignorance, en disant qu'on ...éconnaît ce qui a été fait depuis vingt ans, lorsque, au contraire, on ...e par expérience.

M. le Président dit que toutes les opinions pourront se manifester le 16 juin; la séance sera entièrement consacrée à cette discussion.

La séance est levée à 11 heures et demie.

ÉTUDE

SUR

LA FLEXION DES MONTANTS

DANS UN PONT A ENTRETOISEMENT SUPÉRIEUR

PAR

M. Pierre REY

Généralement, l'entretoise inférieure, les montants et l'entretoise supérieure sont assemblés par des organes suffisamment résistants pour assurer la continuité entre ces différentes pièces; on conçoit donc que les charges de l'entretoise inférieure doivent développer, dans les montants et l'entretoise supérieure, des efforts de flexion qu'il est intéressant d'étudier; on verra dans la suite de cette étude que ces efforts atteignent et dépassent, pour les montants, ceux provenant de l'action du vent sur l'ouvrage, dont on tient compte habituellement.

M. Périssé, à la suite d'une expertise sur les causes de l'accident du pont de Miramont (Haute-Garonne), en 1879, a présenté à l'Académie des Sciences un mémoire où il fait ressortir le danger qu'il y a à considérer les montants comme des pièces tout à fait accessoires, et l'importance qu'on doit attacher à leur calcul en même temps que l'intérêt que présenterait une méthode permettant de les calculer exactement.

Nous avons divisé notre étude en trois parties : dans la première, nous établissons les équations qui permettent de calculer exactement les efforts de flexion des montants.

Dans la deuxième, nous donnons une application à un ouvrage projeté.

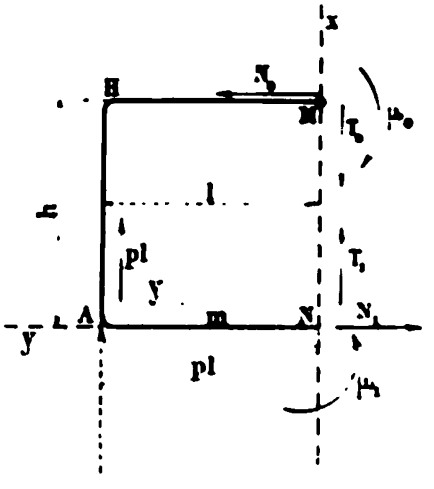
Dans la troisième, nous établissons une formule qui donne une approximation très suffisante pour une vérification rapide.

Première partie. — Comme nous l'avons dit plus haut, on peut, en général, compter sur la continuité du cadre formé par l'entretoise inférieure, les montants et l'entretoise supérieure ; en outre, à cause de la grande longueur des membrures on peut, sans être loin de la vérité, admettre qu'elles ne s'opposent pas à la déformation de ce cadre qui ne reçoit donc, de la part des poutres, qu'une réaction verticale égale à la demi-somme des charges de l'entretoise inférieure.

Considérons l'équilibre du demi-cadre N A H M.

En N on a comme réaction de la partie de droite sur la partie de gauche :

1° un couple μ_1 ; 2° une résultante appliquée au centre de gravité de la section de l'entretoise ayant respectivement pour composante horizontale et verticale, N_1 et T_1.



En M on a : μ_0, N_0, T_0.

En A, une réaction verticale ayant pour valeur $\frac{1}{2}$ de la charge totale de l'entretoise, que nous supposerons uniformément répartie.

Enfin, h représente la hauteur du montant, l la demi-longueur de l'entretoise, p la charge uniformément répartie par mètre courant d'entretoise.

Les composantes T_0 et T_1 représentent l'effort tranchant en chacun des points M et N ; dans le cas particulier qui nous occupe on a $T_0 = T_1 = 0$.

En effet, l'équation d'équilibre en projection verticale étant $pl - \frac{1}{2}pl + T_0 + T_1 = 0$, il faut que $T_0 = T_1$; en outre, si μ_A représente le moment de flexion en A, T_A l'effort tranchant à droite de ce point, T_y l'effort tranchant au point m distant de A de y, on a :

$$T_y = T_A - py,$$

$$\mu_y = \mu_A + T_A y - \frac{py^2}{2}$$

Par suite :

$$\frac{d\mu}{dy} = T_A - py \quad \text{donc} \quad \frac{d\mu}{dy} = T_y.$$

Le moment de flexion passant par un maximum en N, à cause de la symétrie des charges, la dérivée T_y est nulle en ce point et on a bien $T_0 = T_1 = o$.

Il reste comme inconnues :

$$\mu_0,\ N_0,\ \mu_1,\ N_1.$$

Les quatre équations servant à les calculer s'obtiennent de la façon suivante :

La statique pure fournit les deux équations

(1) $$N_0 + N_1 = 0.$$

(2) $$\mu_0 + N_0 h + \mu_1 + \frac{pl^2}{2} = 0.$$

La théorie de l'élasticité fournit les deux autres :

(3) $$\int_N^M \frac{M ds}{EI} = 0 \qquad (4) \int_N^M \frac{M x ds}{EI} = 0.$$

Dans lesquelles :

M représente le moment de flexion en un point quelconque ;

E le coefficient d'élasticité de la matière ;

I le moment d'inertie d'une section quelconque.

(3) est obtenue en écrivant que les sections N et M sont restées fixes pendant la déformation.

(4) est obtenue en écrivant que les sections N et M, tout en restant fixes, ne se sont pas déplacées horizontalement.

On admettra dans la suite du calcul que le moment d'inertie est constant dans les intervalles NA, AH, HM, que E est constant partout.

Dans les équations (3) et (4) nous avons exprimé M en fonction des inconnues, et nous sommes arrivé aux équations algébriques suivantes :

(3 *bis*) $$N_1\left(\frac{h^2 I'_2}{2} + I'_3 hl\right) + \mu_1(I'_2 l + I'_2 h + I'_3 l) + \frac{I' pl^3}{6} + \frac{I'_2 pl^2 h}{2} + \frac{I'_3 pl^2}{2} = 0.$$

(4 *bis*) $$N_1\left(\frac{I'_2 h^2}{3} + I'_3 hl\right) + \mu_1\left(\frac{I'_2 h}{2} + I'_3 l\right) + \frac{I'_2 pl^2 h}{4} + \frac{I'_3 pl^2}{2} = 0.$$

Dans lesquelles :

$$I'_1 = \frac{1}{I} \quad I'_2 = \frac{1}{I_2} \quad I'_3 = \frac{1}{I_3},$$

I_1, I_2, I_3 étant respectivement les moments d'inertie des sections de l'entretoise inférieure, d'un montant et de l'entretoise supérieure.

Les équations du premier degré (1), (2), (3) *bis*, (4) *bis* permettent de déterminer les inconnues μ_0, N_0, μ_1, N_1.

Le moment de flexion maximum du montant se produit au point A ; il a pour valeur :

$$\mu = N_0 h - \mu_0.$$

Deuxième partie. — *Application à un pont de chemin de fer en acier.* — Nous appliquons la méthode à un pont dont nous donnons la coupe ci-contre ; les entretoises sont espacées de 3,665 *m*, la hauteur des montants, prise d'axe en axe des entretoises, est de 5,70 *m* ; la longueur de l'entretoise, comptée d'axe en axe des montants, est de 8,80 *m* ; la charge uniformément répartie par mètre courant, pouvant être substituée aux charges isolées transmises par chacun des longerons (train-type de la circulaire ministérielle du 29 août 1891), est de 9318 *kg* ; enfin : $I'_1 = 240$; $I = 2594$; $I'_0 = 14493$.

Si nous remplaçons les lettres par leur valeur numérique dans les équations (3) et (4), elles deviennent :

$$405\,575 N_1 + 79\,594 \mu_1 + 7\,115\,659\,720 = 0.$$

$$391\,545 N_1 + 71\,453 \mu_1 + 6\,517\,887\,928 = 0.$$

En résolvant ce système nous trouvons que :

N_1 est dirigé de gauche à droite et a pour valeur 1 962 *km* ;

μ_1 a le sens de la flèche et une valeur égale à 79 403 *km*.

Portant ces valeurs dans l'équation (2), on trouve pour μ_0 le sens + et pour valeur 388 *km*.

Le moment de flexion maximum d'un montant a donc pour valeur :

$$\mu = 388 - 1\,962 \times 5{,}7 = 10\,795 \text{ km}.$$

Le maximum R de la fatigue se produit au point le plus bas de la partie croisillonnée ; le moment de flexion y a pour valeur :

$$\mu = 388 - 1\,962 \times 5{,}43 = 10\,265 \text{ km}.$$

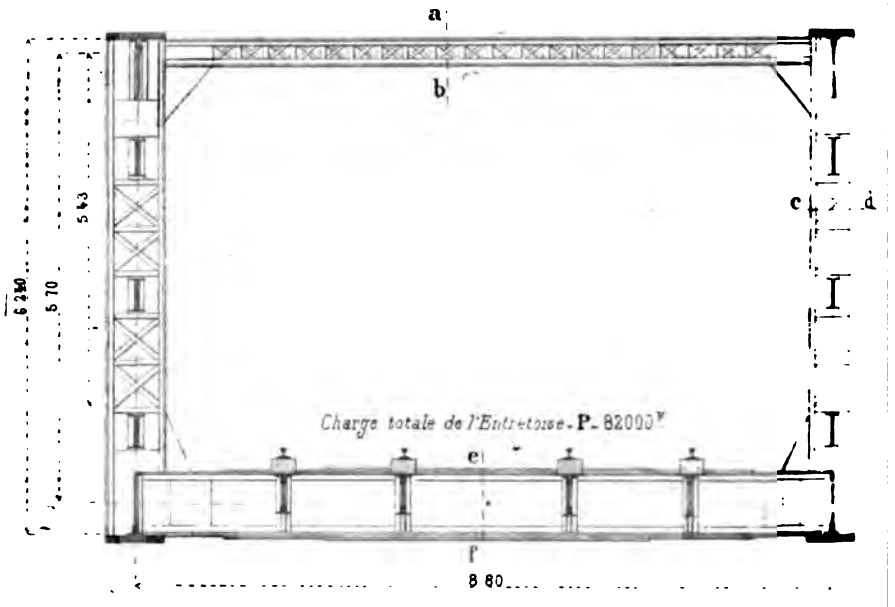
Le rapport du moment d'inertie du montant à sa demi-hauteur étant 0,0012,

$$R = \frac{10\,265}{1\,200} = 8{,}6 \text{ kg par millimètre carré.}$$

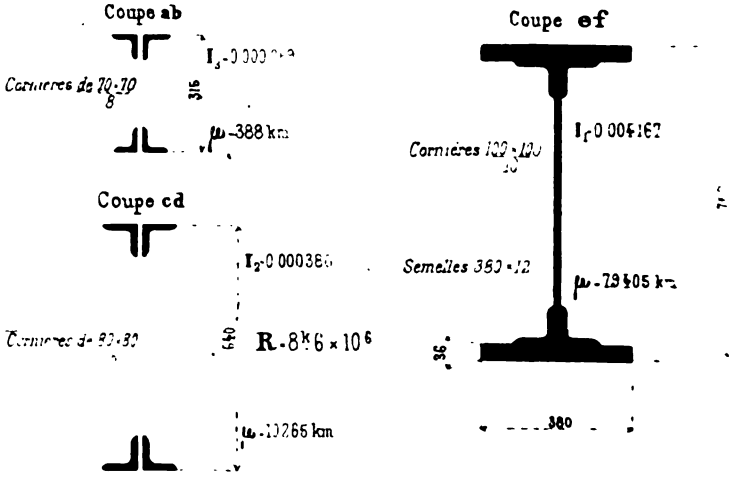
La fatigue du montant sous un vent de 270 *kg* agissant sur l'ouvrage n'est que de 2 *kg*.

On voit que cette méthode permet aussi de calculer l'entretoise

supérieure et de se rendre compte de la fatigue réelle de l'entretoise inférieure en tenant compte de son encastrement partiel.



Les Entretoises sont espacées de 3m665.



Troisième partie. — ***Recherche d'une formule simple donnant le moment de flexion maximum d'un montant.***

Retranchant l'équation (4) *bis* de l'équation (3) *bis*, il vient :

$$N_1 \frac{I'_2 h^2}{6} + \mu_1 \left(I'_1 l + \frac{I'_2 h}{2} \right) + \frac{I'_1 p l^2}{6} + \frac{I'_2 p l^2 h}{4} = 0.$$

Dans le développement du calcul complet, on a vu que μ_1 et N_1 doivent entrer dans les équations avec le signe —; faisant cette modification, on a :

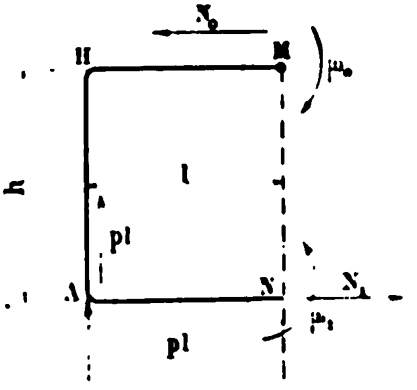
$$3)\ ter \quad -N_1\frac{I'_2h^2}{6} - \mu_1\left(I'_1l \quad \frac{I'_2h}{2}\right) + \frac{I'_1pl^3}{6} + \frac{I'_2pl^2h}{4} = 0.$$

or,

$$\mu_1 = \mu_0 - N_0h + pl^2 - \frac{pl^2}{2}.$$

On a vu, dans l'application numérique, que $\mu_0 = 388$, tandis que le moment maximum de flexion μ_0 du montant est de 10800 environ ; on a donc sensiblement $\mu_0 = N_0h$, par suite :

$$\mu_1 = N_0h - \frac{pl^2}{2} = \mu_0 - \frac{pl^2}{2}.$$



Pour la même raison :

$$N_0 \quad \frac{\mu_0}{h}.$$

Si on porte ces valeurs de μ_0 et de N_1 dans l'équation (3) *ter*, on a une équation qui ne contient que μ_0 comme inconnue ; d'où l'on tire

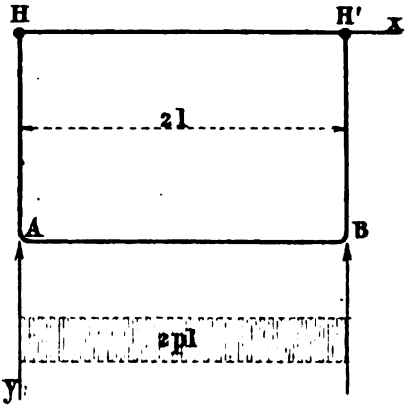
$$\mu_0 = \frac{2I'_1pl^2}{2I'_2h + 6I'_1l}.$$

Si on désigne par P la charge totale de l'entretoise, par I_1 et I_2 les moments d'inertie de l'entretoise et du montant, on obtient la formule :

$$\mu_0 = \frac{Pl}{2h\frac{I_1}{I_2} + 6l}.$$

Pour l'établir nous avons utilisé les équations de la méthode exacte, il est à peine utile de faire remarquer qu'on peut la trouver directement en résolvant l'équation :

$$\int_{H}^{H'} \frac{My\,ds}{EI} = o$$



qui exprime que les sections H et H′ ont pu tourner librement mais ne sont pas déplacées horizontalement.

En appliquant cette formule à l'exemple précédent on trouve un résultat très voisin de celui obtenu par la méthode exacte : il ne faudrait pas en conclure qu'il en est toujours ainsi ; quand l'entretoise supérieure est peu haute, elle se déforme facilement et on peut, comme dans l'exemple précédent, négliger de faire intervenir son moment de flexion dans le calcul du montant ; s'il en était autrement il serait absolument indispensable de recourir aux équations (3) *bis* et (4) *bis* dont la résolution est d'ailleurs assez rapide ; remarquons, en terminant, que ces équations, par la netteté de leurs indications, permettent de soulager tel organe aux dépens de tel autre et par suite de répartir judicieusement la matière suivant les données du problème.

LE TOUT A L'ÉGOUT

PAR

M. DUVILLARD

Messieurs,

Notre ancien et honorable Président, M. Buquet, dans son compte rendu des travaux de notre Société de l'année 1892, en rappelant notre appel à une discussion sur le « tout à l'égout », nous invite à reprendre l'examen de cette question devenue, nous dit-il, toute d'actualité.

Nous avons par suite de ce désir à nous expliquer sur les raisons qui nous ont conduit :

1° A parler sur ce sujet comme nous l'avons fait dans la séance du 1er avril ;

2° A répondre aux objections qui ont spontanément été émises ;

3° A établir le bien fondé de nos vues sur l'assainissement de la Seine et de l'atmosphère parisienne.

I

A l'époque où notre communication a été faite, le « tout à l'égout » réel et complet était voté par le Conseil municipal de Paris, approuvé par le Parlement et l'exécution en était commencée.

Nous avons alors considéré le fait comme acquis, et nous avons pensé qu'en l'état des choses, le rôle de notre Société se bornait à rechercher et à indiquer un moyen d'atténuer les conséquences fâcheuses de cette mesure en la rendant plus pratique au moyen de l'adduction d'une grande quantité d'eau froide susceptible de retarder la fermentation des matières, de les mieux diluer et d'en activer l'éloignement.

II

Les objections faites ont été les suivantes :

1° Paris possède assez d'eau, si on sait la ménager ;

2° Une prise d'eau dans le Léman et son adduction à Paris coûteraient peut être un milliard ;

3° L'œuvre qu'on nous propose ne favoriserait que la spéculation ;

4° Les immondices de Paris évacués sous ses murs ne présentent pas d'inconvénients.

A cette façon d'envisager l'alimentation et l'assainissement de Paris et de ses environs, nous répondrons :

I. — Alors que la population de Paris était de 1 100 000 habitants, Belgrand lui attribuait 300 000 m^3 d'eau de source, 270 l par habitant, tout ce qu'il pouvait trouver dans le bassin de la Seine, et 400 000 m^3 cubes d'eau de rivière pour les services publics.

Actuellement, une même quantité individuelle absorberait en eau de source 660 000 m^3 pour Paris et 160 000 m^3 pour la banlieue ; les services publics exigeraient 800 000 m^3 puisque leur importance a doublé avec le nombre des habitants.

En y ajoutant ce qu'il est nécessaire de prévoir pour l'accroissement de la population et le développement de l'usage individuel, le total journalier dépasserait 2 400 000 m^3 en moins d'un demi-siècle.

Telles étaient, et à plus forte raison, telles seraient encore aujourd'hui les prévisions de l'éminent Ingénieur.

Son successeur, Couches, se heurtant aux difficultés de se procurer en suffisance des eaux de sources, réduisait dans son programme de 1883 la quotité individuelle indispensable selon lui à 160 l, et attribuait une plus grande quantité d'eau de rivière aux services publics et à l'industrie, ensemble 450 l par personne ou journellement 1 million 600 000 m^3 pour la population actuelle.

Depuis, des besoins nouveaux sont survenus, résultant de l'obligation à l'abonnement, de l'évacuation des matières de vidange à l'égout public et du développement considérable de l'emploi de l'eau dans l'industrie.

On remarquera que ces besoins sont en constante progression et que l'usage de l'eau à Paris a passé de 50 l par habitant qu'il était en 1854, à 300 l qu'il a été dans l'été de 1892, et encore bien des services ont été laissés en souffrance.

Paris possédait en 1892 100 000 m^3 d'eau de sources puisque, sur les 135 000 m^3 accusés aux réservoirs, il s'en perd un quart entre ces réservoirs et les robinets.

L'Avre, proportionnellement, en donnera 60 000, encore cet appoint est-il dû moins à des sources proprement dites qu'à des ruisseaux se perdant dans des terrains ébouleux.

La ville aura 64 *l* par habitant; si on y ajoute la banlieue, la quotité individuelle est réduite à 50 *l*, et si on tient compte des villes intéressées de Seine et Seine-et-Oise et de l'accroissement de la population à bref délai, elle tombera à 30 ou 35 *l*, 60 0/0 seulement de la consommation obligatoire.

Dans l'avenir, on verra encore et en même temps ce chiffre diminuer et les besoins s'accroître.

Comme on le voit, les sources du bassin de la Seine, fussent-elles toutes captées, ce qui ne se fera pas sans récriminations ni dommages, seraient impuissantes à donner les eaux potables strictement nécessaires pour alimenter l'agglomération entière.

Où compte-t-on trouver de quoi combler cette insuffisance? Dans la Seine, sans doute, puisque déjà on la met à contribution d'une façon si large et si désastreuse.

Personne cependant ne peut l'ignorer, l'eau de Seine, souillée de mille manières, absolument impropre à l'alimentation, est le véhicule certain de toutes les épidémies.

Dire qu'il y a assez d'eau potable à Paris est chose hasardée contre laquelle protestent les prévisions d'Ingénieurs éminents d'Algrand, Couches et les récriminations générales des habitants de la ville, de la banlieue et des villes et communes s'abreuvant des eaux contaminées de la Seine.

Pour parer à ces calamités, on préconise le filtrage, on recommande de faire bouillir l'eau.

Le filtrage à domicile est une infusion de microbes vivants ou morts; le filtrage en grand est une utopie ne détruisant pas le principe de l'infusion.

Faire bouillir l'eau n'est guère plus pratique; la cuisson des microbes peut être faite par quelques personnes, mais elle est difficile pour la généralité des ménages parisiens manquant de temps et souvent de combustible; elle sera peu en usage dans les établissements industriels et grands magasins occupant un nombreux personnel.

Ces moyens ne sont que des expédients impuissants à satisfaire

les besoins d'une immense cité, et fatalement nuisibles au développement de sa population et de son industrie.

Pour ériger en principe l'économie et la privation des eaux potables qui sont nécessaires à une population, il faut qu'on manque des moyens de lui en procurer.

Paris n'en est pas réduit à cette extrémité, bien au contraire; riche et en plein développement, il peut s'en procurer en abondance, ce qui lui sera une source de santé et aussi de richesse.

Nous citerons, à ce dernier point de vue, un établissement industriel, situé sous le rapport de son alimentation en eau comme le sont les points les plus élevés de Paris, qui est allé à grands frais en chercher au loin pour faire passer sa consommation journalière de 2000 à 24 000 m^3, 800 l par habitant.

Si le Creusot a atteint le degré de prospérité qu'on lui connait, si parmi les établissements industriels du monde entier il a conservé le premier rang, c'est à cela en partie qu'il le doit.

Un autre exemple, moins spécial, plus concluant encore, est le développement de l'industrie genevoise et l'amélioration sanitaire de cette ville depuis que sa municipalité, bien inspirée, a mis à la disposition des habitants 1 000 l d'eau par individu et par jour.

La Seine en basses eaux, desséchée en entier, serait insuffisante pour donner une telle quantité aux Parisiens.

On a dit qu'il n'y avait pas de ville possédant par individu le volume de 600 l que nous voulons donner à Paris; cependant Genève, Grenoble, Clermond-Ferrand et nombre d'autres villes en ont davantage.

Notre savant collègue, M. Fleury, avec lequel nous sommes heureux de nous trouver d'accord sur bien des points, en faisant, dans la *Revue des Deux Mondes* (15 septembre 1892), l'intéressant historique des eaux de Paris, évalue à 600 000 m^3 les eaux potables nécessaires, et démontre l'insuffisance de l'ensemble des sources du bassin de la Seine, pour assurer une alimentation satisfaisante de la capitale. S'il eût compris les villes de Seine-et-Oise et ajouté, ce qui est un minimum, une quantité double pour les services publics et l'industrie, il aurait abouti à un emprunt de plus de 20 m^3 par seconde à prendre en Seine et à faire passer par les conduites et les égouts, les deux tiers des eaux du fleuve au régime d'été.

Cependant, après son examen du projet du Léman, dont il admet l'exécution comme devant avoir lieu dans l'avenir, on peut

et on doit regretter de le voir préconiser le captage de ces sources insuffisantes et reléguer au deuxième plan la prise d'eau dans le Léman, trouvée, elle, surabondante.

5 ou 600 *l* par habitant et par jour ne constituent pas cependant « l'embarras des richesses », comme il le pense ; et ce n'est pas non plus parce que ces eaux viendront du Léman qu'il faudra rectifier les ouvrages d'évacuation.

Si les égouts sont à modifier, c'est qu'ils sont insuffisants pour les besoins actuels ; si, présentement, ils suffisent, 5 à 6 m^3 d'eau à débiter en plus sont une quantité négligeable.

En effet, pendant des pluies de deux à douze heures de durée, ces pluies sont générales et tombent uniformément sur la ville, l'ensemble des égouts de Paris ont à évacuer 120 à 300 m^3 d'eau par seconde.

Comme les égouts ne peuvent manquer de recevoir ces masses d'eau énormes, soit en même temps, soit isolément, on voit que 5 à 6 m^3 de plus ou de moins sont sans importance.

En outre, si les jours de beau temps, on double le volume actuel des eaux d'égouts, on rendra leur cours plus libre et on facilitera ainsi l'évacuation des eaux de pluie.

Ce qu'on peut reprocher aux égouts, c'est leur faible ossature, composée de matériaux trop poreux pour recevoir des matières fécales.

Le problème d'une alimentation large en eau pure, intimement liée au tout à l'égout, se dresse devant les municipalités de la Seine et de Seine-et-Oise, devant les hygiénistes et les Ingénieurs ; il faut le résoudre et ne pas s'enfermer obstinément dans la recherche d'expédients couteux, impuissants et qui ne favorisent que l'etiolement et la dégénérescence d'une immense population.

Une abondante prise d'eau dans le Léman est pratique et économique. Pourquoi ne pas la faire?

II. — La dépense d'adduction des eaux du Léman a été évaluée dans notre projet à 500 millions ; notre honorable contradicteur, dans la réunion du 1er avril 1892, en a double simplement le chiffre.

Sur quoi baser une si grande inexactitude d'un devis étudié et sérieusement documenté ?

Le milieu dans lequel nous étions placé à l'époque de l'élaboration de ce devis, en contact de travail avec nos collègues, directeurs de mines, de métallurgie, de mécanique, nous a permis de prendre l'avis de chaque spécialiste et de contrôler ainsi nos évaluations.

La preuve des connaissances pratiques de ces Ingénieurs n'est pas à faire, et leur autorité nous permet de répudier une critique hâtive, dépourvue de documents, de chiffres et de preuves.

Qu'on ne parle pas d'imprévus redoutables; il ne saurait y en avoir de tels, attendu que l'ouvrage est en pleine France, où tout est connu : nature des terrains, valeur des matériaux, prix des transports et de la main-d'œuvre, dont chaque partie a pu être et a été évaluée avec précision.

Deux comparaisons peuvent être faites :

1° Le souterrain de l'Arlberg, exécuté pour chemin de fer à double voie, mesure 10 *km* de longueur, sous une hauteur de ciel dépassant 2 000 *m;* le prix du mètre courant en est revenu à 2 400 *f.*

Celui d'Ordonnax, que comporte notre projet, a 4 *km*, sous une hauteur de ciel de 600 *m;* sa section n'est que de 40 0/0 de celle de l'Arlberg; nous avons évalué le mètre à 2 000 *f*, non compris les frais de personnel et intérêt des capitaux.

2° Dans le projet du Léman, le pont sur la Saône est estimé 1 650 000 *f.* M. Tourtet, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, vient de faire construire, sur la même rivière et pour les mêmes besoins, le pont Boucicaut, ouvrage très soigné et très élégant; le prix en a été de 650 000 *f*, 1 million de moins.

Nos collègues peuvent recourir aux documents du « Rançon », déposés à notre bibliothèque, n° 31694 ; ils y trouveront, pages 37 et 216, des devis d'ouvrages identiques à celui qui nous occupe, dressés par nous à 1 950 000 *f*, liquidés à 1 989 676,50 *f.*

Ce sera pour nous une référence.

III. — Notre projet ne favorise que la spéculation.

Doit-on parler ainsi d'une œuvre humanitaire visant la santé d'une immense population ? N'y a-t-il pas là, au contraire, une affaire d'utilité publique de premier ordre, bien digne de fixer l'attention des municipalités qui ont mandat de veiller aux intérêts des communes sous toutes les formes où ils peuvent se présenter ?

Dans le cas particulier, il s'agit d'eaux abondantes et saines qui s'écoulent en pure perte à la mer. Elles peuvent être aqueduquées à Paris, où elles représenteraient une valeur journalière de plus de 200 000 *f* et seraient une source de bien-être.

La spéculation, si on peut appliquer ce mot à une telle œuvre, serait uniquement faite en faveur des habitants du bassin de la

Seine. Une partie de ces habitants est privée des eaux qui lui appartiennent de droit naturel ; l'autre partie paie l'eau qu'on lui amène 0,33 *f*, et même plus, le mètre cube, alors qu'on peut lui en donner à un prix bien plus bas et sans nuire à personne.

Pour des eaux alimentaires, le prix de 0,33 *f* constitue un impôt aussi lourd que le serait une taxe équivalente sur le pain, l'eau étant tout aussi nécessaire à la vie. C'est frapper l'alimentation du peuple dans son premier besoin. Les anciens disaient déjà : « L'eau est le meilleur des biens. »

Le projet que nous soutenons ne peut s'attaquer que par un côté, le plus ou moins de confiance que méritent les moyens pratiques et financiers indiqués. Nous croyons avoir démontré qu'on peut la leur accorder.

Nous restons fort des encouragements que nous ont donnés des hygiénistes éminents, de nombreux Ingénieurs de l'État de tous rangs.

Nos collègues, dans cette enceinte, ont témoigné de l'intérêt et de l'importance qu'ils attachent à cette œuvre ; il ont ainsi démontré que M. Buquet, notre honorable ancien Président, a raison de vous en demander un examen approfondi. Le public s'étonnerait à bon droit de voir les Ingénieurs civils de France rester indifférents devant une pareille question.

On finira par comprendre, et nous devons y contribuer, que la grande et belle œuvre de Belgrand, créée à une autre époque et pour d'autres besoins, est devenue absolument insuffisante.

Comme toute affaire de progrès et d'utilité publique, celle-ci est contraire à des intérêts privés, puisqu'elle simplifie le service hydraulique, qu'elle supprime les filtrages et clarifications de tout système, qu'elle diminue la consommation des eaux minerales, etc.

Ce sont là des raisons qui ne sauraient retarder la réalisation d'une œuvre aussi salutaire ; elles doivent, au contraire, l'encourager et l'activer.

IV. — L'épandage sous les murs de Paris de toutes les eaux et matières d'égout est-il réellement sans inconvenients?

Cette thèse, pour se soutenir, aurait besoin de s'appuyer sur des arguments déduits de chiffres et établissant :

1° Les quantités d'eau à recevoir;

2° L'etendue des filtres naturels avec leur capacité d'absorption, a durée de leur fonctionnement ;

3° La façon dont se comporteront les filtres aux époques ordinaires de pluie, de chaleur, de glace ;

4° Le volume des matières absorbées et celui des résidus ;

5° Le nombre des travailleurs nécessaires pour recevoir jour et nuit les eaux salies, les épandre, les diriger et pratiquer une culture intense sur les champs d'épandage.

Une simple affirmation, si autorisée soit-elle, mais sans preuves, ne saurait suffire. Nous disons sans preuves, car l'essai minuscule de Gennevilliers n'en est pas une : il n'y a nulle proportion entre ceci et cela. Du reste, en l'état actuel, les communes suburbaines refusent déjà de recevoir chez elles cette faible partie des immondices qu'on leur destine, et, souvent, les eaux salies se déversent purement et simplement en Seine.

V. — Nous avons aussi à répondre aux objections présentées par la sixième Commission du Conseil municipal de Paris dans la séance que cette assemblée a tenue le 1er juillet 1892.

Cette Commission, chargée d'examiner notre projet : « Les eaux du lac de Genève à Paris », l'a trouvé très intéressant, mais elle y fait deux objections qu'elle expose ainsi :

« D'une part, les eaux du lac Léman ne possèdent pas les qualités désirables pour servir à l'alimentation.

» D'autre part, leur adduction présenterait de grandes difficultés techniques et occasionnerait une dépense considérable. »

La Commission a été insuffisamment informée. Nous avons la confiance que la présente discussion contribuera à l'éclairer et que, revenant sur un sujet si important, elle reconnaîtra le mal fondé de ses objections.

1° « Les eaux du lac Léman ne possèdent par les qualités désirables pour servir à l'alimentation ».

Cela est en contradiction avec les analyses chimiques qu'en ont faites MM. Sainte-Claire Deville, Risler, Walter, Losnier, Brandanbourg, et avec les recherches de MM. Lossier, Michaud, Marignac, Kahn et Graebe, sur la proportion des matières organiques qu'elles renferment.

Les nombreuses expériences faites par ces spécialistes établissent que l'eau du Léman, au point de vue de la salubrité, est très sensiblement meilleure que la moyenne des eaux de sources actuelles de Paris.

Ces analyses sont citées dans notre projet ; il serait facile et très opportun de les faire contrôler par nos éminents chimistes, doc-

teurs et hygiénistes. La chose en vaut la peine, et on lèverait ainsi les doutes que peuvent laisser dans les meilleurs esprits des affirmations sans preuves.

D'autre part, l'usage abondant qu'on fait de ces eaux à Genève, d'après les statistiques, a notablement amélioré l'état sanitaire de cette ville; nos hygiénistes peuvent le constater. De plus, à Vienne, on utilise pour les usages domestiques les eaux des Alpes Noriques de préférence à toutes autres, et on regrette leur insuffisance.

2° « Notre projet présenterait de grandes difficultés techniques et occasionnerait une dépense considérable. »

Nous répondons plus haut à ces critiques.

La partie technique ne comporte aucun ouvrage nouveau : des travaux similaires ont été exécutés en France, par nous et par d'autres; aucun ingénieur ayant l'habitude des grands travaux ne le contestera.

Pour ce qui concerne les capitaux engagés, on ne saurait taxer de mauvaise opération économique une dépense de cinq cents millions produisant, sous une forme ou sous une autre, soixante-dix millions de revenu, en surplus du bien-être et de la santé que procureraient des eaux salubres.

III

Ces explications données et ces réponses faites, nous dirons :

A l'appel fait à notre Société, nous nous sommes remis en présence du grand projet de la municipalité parisienne, nous l'avons étudié une fois de plus à ce point de vue spécial, nous nous sommes posé à nouveau cette question :

« L'envoi complet à un égout commun des matières de vidanges, des eaux ménagères, des eaux publiques, industrielles et de pluie avec épandage en totalité sur le sol, dans la vallée de la basse Seine, tel qu'il est voté, est-il pratique pour Paris et les populations suburbaines ou voisines? »

Et nous n'avons pas hésité à répondre négativement pour deux raisons :

1° Parce que, actuellement, on n'a pas le moyen essentiel de procurer un bon fonctionnement. Ce qui manque et ce qui manquera toujours, en dehors du Léman, c'est de l'eau froide en abondance.

Il ne faut pas oublier, en effet, que dans ces immenses agglo-

mérations, il y aura plus de un million et demi d'orifices, de conduites, orifices qui devront être pourvus de siphons constamment alimentés, si on veut éviter les émanations délétères des égouts dans les appartements et dans les rues.

Les cabinets d'aisances ouvriront sept à huit millions de fois leurs vannes et nécessiteront chaque jour au moins une chasse pour dégager les galeries ou tuyaux privés. Une autre chasse générale sera nécessaire pour remplir le même but dans les égouts publics.

Ce sont des centaines de mille mètres cubes qu'il faudra chaque jour en plus de ce qu'on nous dit être nécessaire, et cela sans prévisions de l'avenir.

Lorsque l'infection arrivera dans les maisons et dans les rues, il faudra bien se procurer ces eaux ; on puisera en Seine et, à certains moments, le fleuve entier passera par les conduites et les égouts.

Le « tout à l'égout », ainsi entendu, n'est pas pratique.

2° Parce que, eût-on dès maintenant ou dans l'avenir la masse d'eau indispensable pour l'entraînement des matières, il faudra trouver un exutoire suffisant et ne présentant pas de danger pour la santé publique. On ne le trouvera pas et c'est ce qui forcera à abandonner le système, malgré l'autorité de ses partisans actuels.

Quatre millions d'habitants groupés au cœur de la France auront trop à en souffrir pour ne pas arriver à le faire disparaître.

Dans les discussions sur ce sujet, on a peu fait entrer en ligne de compte les eaux pluviales tombant sur Paris ; ce ne sont pas huit à dix mètres cubes par seconde, comme on l'a dit à la tribune législative, qu'il faudra recevoir dans les égouts, mais à certains moments plus de cent vingt mètres cubes, quatre fois le débit de la Seine en basses eaux.

Assurément les maraîchers ne les distribueront pas sur leurs terrains et il leur faudra un débouché, qui sera la Seine, la Seine par suite toujours salie par les matières fécales et empoisonnée par les eaux industrielles pernicieuses.

Ce débit des égouts sera fréquent ; il existera en été durant les orages, en automne et au printemps, époque des grandes pluies, et en hiver à la fonte des neiges, au moment où les terrains glacés ne sont plus perméables.

On a beaucoup dit, beaucoup discuté sur la pureté des eaux au sortir de ces champs d'épurage, mais on a négligé de rechercher ce que deviendront les produits éliminés.

Actuellement, dans les immondices de Paris et de sa banlieue, on peut compter au bas mot 8 000 m^3 par jour de résidus. En évaluant par approximation aux deux tiers de ce volume la partie susceptible d'être absorbée, il restera 2 600 m^3.

Si nous admettons 150 km^2 de champs d'épandage, ce qui représente une bande de terre large de 1 km entre Paris et la mer, on aura, sur cette partie du territoire, une surélévation du sol de 50 cm en soixante-quinze ans.

Les bactériologistes sont-ils à même de nous dire quels êtres vivront et mourront dans ce milieu, et les hygiénistes quelle influence ces êtres auront sur les existences humaines?

Il y aura là inévitablement un immense et redoutable marais à côté duquel on se verra obligé d'en créer d'autres dans ce beau pays, le plus riche de la France.

Pour épandre cette masse énorme d'immondices avec les variations de quantités que nous avons indiquées, pratiquer sur les terrains inondés une culture maraîchère intense, il faudrait un personnel de plus de 30 000 travailleurs entraînant avec lui une population de 50 000 individus destinés à vivre au milieu de ces immenses foyers d'infection.

Ces terrains empoisonnés, nous le savons, seront recherchés des maraîchers, qui en useront à leur seule convenance, désireux comme ils sont d'augmenter leur gain, sans souci de la puanteur dans laquelle ils devront vivre, eux et leurs familles.

Si une telle situation existait, nos hygiénistes se hâteraient d'en demander la suppression.

Comme notre contradicteur l'a fait dans la séance du 1er avril 1902, nous dirons que le sentiment doit être banni d'un tel sujet.

C'est cette pensée qui nous a fait tirer nos arguments de chiffres et de faits connus qu'aucun Ingénieur n'est venu contester; ils sont et restent donc vrais dans leur ensemble; il nous faut bien reconnaître que le tableau trouvé trop sombre se charge sans cesse, comme on le voit, de nouveaux points noirs:

Le refus qu'apportent les populations voisines de recevoir les immondices de Paris;

La triste situation faite aux maraîchers et à leurs familles;

Le choléra et autres maladies épidémiques qui nous menacent sérieusement et ont déjà fait des victimes.

Un autre mode d'évacuation des eaux en provenance du « tout à l'égout », tel qu'il est voté, a été préconisé et défendu au Corps

législatif par des hommes de haute capacité, à esprit libre de toute attache avec les idées anciennes.

Il consiste à faire déverser ces eaux dans un canal ouvert ou fermé allant de Paris à la mer.

Plus intéressant, plus rationnel que le précédent, ce projet néanmoins ne donne pas une solution bien satisfaisante.

Un canal ouvert, c'est un cours d'eau immonde à placer à côté de la Seine, ce qui ne fera qu'augmenter l'étendue de l'infection et diminuer encore la vitesse des eaux du fleuve, inévitablement toujours salies.

Un canal fermé, de dimensions suffisantes, serait un bien gros ouvrage; il le faudrait capable de débiter 120 m^3 par seconde: c'est une dépense de quelques centaines de millions pour obtenir un résultat incomplet.

Plus que l'autre encore, il réclame des eaux abondantes et froides pour bien diluer les matières et entraîner facilement les boues et les immondices.

Où prendra-t-on ces eaux?

Il faut bien reconnaître que le captage de toutes les sources du bassin de la Seine appauvrira l'agriculture, diminuera la puissance des forces motrices industrielles et réduira encore les 30 m^3 d'eau qu'écoule le fleuve.

Nous ne ferons que signaler les dommages causés à l'agriculture, ceux-ci étant de l'espèce appelée indirecte et dont nos lois ne reconnaissent même pas la valeur, mais qui n'en existent pas moins pour cela.

Aux météorologistes de nous dire si une abondante quantité d'eau soustraite à l'air libre, à la vaporisation et à l'arrosage de vastes espaces dans des vallées desséchées durant l'été, n'aura pas une influence locale fâcheuse sur l'état atmosphérique.

Les végétaux, comme on le sait, plus encore que les nappes d'eau, sont les agents les plus capables de donner à l'air l'humidité qui lui fait défaut. Réduire la puissance de la végétation sur certains points d'une contrée si plantureuse, c'est nuire à l'ensemble de l'agriculture de la région, à un degré faible, si on le veut, mais certain.

On veut capter 500 000 m^3 d'eau de sources pour les conduire à Paris où elles arrivent à l'altitude 108 et sont rendues au fleuve à l'altitude 26; c'est une force motrice journalière de 140 000 chevaux-heure détruite et dont le prix moyen évalué à 0,10 *f* seulement, constitue une perte de richesse annuelle de plus de

3 millions, ce qui n'est pas d'accord avec la formule de nos statuts : « Application la plus étendue des forces vives et des ressources du pays ».

Ces eaux détournées, la Seine aura perdu 6 m^3 ; il se produira un ralentissement notable dans la vitesse de son cours et sa température se relèvera : de là, plus long séjour et plus rapide décomposition des matières.

Croire, en effet, que le fleuve restera indemne de toute souillure et que les eaux en deviendront potables est une pure illusion.

A Paris et dans les départements de la Seine et de Seine-et-Oise, on puisera dans le fleuve, en dehors des eaux de sources diverses, 12 m^3, ce qui portera le volume passant par les conduites et les égouts, à 18 m, plus de la moitié du débit de la rivière durant les chaleurs de l'été.

La Seine ne sera plus un chemin qui marche ; elle offrira de plus en plus malpropre à Paris et à la banlieue.

Il est de toute nécessité de laisser les sources non encore captées aux populations des campagnes qui en jouissent, et à la Seine toutes ses eaux trop insuffisantes déjà, en utilisant celles que nous laissons écouler à la mer en pure perte.

Le difficile problème de l'évacuation générale de toutes les immondices des agglomérations parisiennes doit pouvoir être résolu d'une façon plus conforme à la nature, par suite plus efficace et plus rationnelle.

En faisant appel à cette discussion, on nous demande de ne pas laisser s'accréditer l'idée que le « tout à l'égout » comporte avec lui le « tout à la Seine ». Nous ajouterons que le « tout à l'égout » ne peut non plus comporter avec lui le « rien à la Seine », qu'il y ait ou non épandage des eaux souillées sur le sol entre Paris et la mer.

Espérons que cette discussion contribuera à faire trouver une solution satisfaisante entre ces deux formules.

Pour nous, nous avons la conviction que là est la vérité, dans un juste milieu entre ces deux extrêmes.

C'est en effet un droit, qui est fondé sur la nature même, et que personne ne peut nier aux Parisiens, c'est celui de se servir de la Seine au même titre que les autres riverains, au même titre que tous les habitants des villes et villages de France se servent des fleuves et rivières dans le bassin desquels ils se trouvent.

Partout lieu, les eaux de pluie entraînent avec elles les boues

des rues, les déjections d'animaux, les impuretés des fermes et des champs, les eaux ménagères jetées hors des habitations.

Partout on lave dans les rivières et les ruisseaux.

Peut-on empêcher cela? et comment l'interdire aux Parisiens?

Si Paris n'avait pas d'égouts ou qu'il lui convint de fermer ceux qui existent, que deviendraient ses eaux ménagères, celles du lavage naturel ou artificiel de ses rues? Elles se rendraient à la Seine, comme cela avait lieu avant la construction, fort récente du reste, de ces ouvrages.

Cependant, il faut bien reconnaître aussi que le droit des Parisiens ne doit pas aller jusqu'à l'abus. Ce qui n'est pas de droit naturel peut être réglementé, interdit ou autorisé.

C'est ainsi qu'on peut se trouver obligé de créer des canaux ou autres moyens d'évacuation pour envoyer au loin les déjections humaines, les résidus solides des ménages, les eaux industrielles pernicieuses, toutes choses capables d'infecter ou d'empoisonner le voisin.

En présence de ces droits et de ces obligations, dans des agglomérations d'hommes aussi considérables, on se trouve dans la nécessité de diviser les moyens d'évacuation des immondices suivant la nature de celles-ci et leur provenance.

Puisque la ville de Paris, comme les autres villes de France, a le droit de laisser ses eaux pluviales et ménagères, celles du lavage des rues, couler à la rivière où elles se rendent naturellement, laissons-les y aller et facilitons l'écoulement rapide de ce mélange avant fermentation.

N'est-ce pas cette facilité d'évacuation, et en conséquence la propreté qui a procuré en grande partie le développement et la richesse des villes édifiées sur les rives des cours d'eau? Les priver en partie ou en totalité de leur exutoire naturel, c'est réduire leur importance et préparer leur ruine.

A ce point de vue, l'établissement des barrages créés pour les besoins de la navigation a été particulièrement nuisible à notre capitale, puisqu'ils sont des obstacles considérables à l'écoulement des eaux, qu'ils diminuent leur puissance d'entraînement et facilitent la végétation des plantes aquatiques.

Ces ouvrages ne sont pas d'ordre naturel, ce sont choses de convenance particulière et d'intérêts locaux, appelées à être modifiées ou même à disparaître quand l'État, qui en est le créateur, les jugera plus nuisibles qu'utiles,

Mais nous n'en sommes pas là; pour le moment, il ne s'agit

que d'en diminuer les inconvénients, et le moyen, c'est de recourir à une importante adduction d'eau susceptible de rendre au fleuve sa vitesse minimum primitive de 0,15 *m* par seconde, qui a été réduite à 0,07 *m* par l'établissement de ces barrages.

La Seine grossie, ses eaux resteront polluées, mais à un degré beaucoup moindre, et elles s'écouleront plus rapidement.

Ni dans ce cas, ni dans aucun autre, elles ne deviendront potables, mais débarrassées d'une partie des immondices et notamment des matières fécales, résidus d'abattoirs et des eaux industrielles pernicieuses, mélangées à celles du Léman, qui sont très chargées d'air en dissolution, elles ne seront plus une cause de mort pour les poissons qui les habitent, ni une cause d'infection pour les humains qui vivent dans leur voisinage.

Le mode d'évacuation des matières fécales, des résidus des marchés et des ménages, du sang et des immondices des hôpitaux et des abattoirs, n'oblige pas à un réseau unique d'ouvrages pour leur enlèvement. Bien des systèmes peuvent être employés.

C'est ce point, non encore parfaitement défini, que le génie civil peut élucider; il rendra ainsi un des services qu'il doit à la société, car il a été reconnu d'utilité publique dans ce but.

Nombre de nos collègues des plus autorisés se sont déjà livrés à ces études; la présente discussion les aidera, espérons-le, à leur donner une solution pratique et économique.

L'enlèvement des résidus solides des marchés et des ménages déjà fonctionne très bien et ne donne lieu à aucun inconvénient.

Si ces produits, déposés dans des boîtes dites « Poubelle », a l'honneur de celui qui en a prescrit l'emploi, deviennent trop considérables pour être utilisés par les maraîchers du voisinage, rien n'est plus facile que de les transporter au loin sur nos voies ferrées et de les mettre à la disposition de l'agriculture qui les réclame.

L'enlèvement des matières de vidanges et des produits des abattoirs et autres matières analogues est le côté difficile de la question.

Le système des tinettes, même généralisé, permettrait un transport facile au loin par voies ferrées ou autres au moyen de matériel approprié : la pollution des eaux de la Seine serait de beaucoup diminuée, l'agriculture en partie satisfaite; mais ce moyen ne débarrasse pas complètement les appartements et les rues d'odeurs désagréables, tout en maintenant une dépense permanente assez importante.

Un procédé plus efficace, aussi satisfaisant que possible, quoique coûteux, consisterait à établir des réseaux de conduites ou de galeries de dimensions restreintes et de construction soignée, enveloppant chaque quartier ou partie assez importante de quartier.

Plus ces réseaux seront multipliés, plus il sera facile d'établir des pentes suffisant à un entraînement complet des matières.

Chaque centre aurait à évacuer les apports de son groupe au moyen de conduites forcées allant déboucher sur des terrains plus ou moins éloignés de Paris, suivant les besoins stricts des maraîchers et des agriculteurs.

Les tuyaux ou galeries, étant de dimensions restreintes, encombreraient peu les rues ou les égouts et occuperaient dans les appartements les emplacements laissés libres par la suppression des doubles conduites d'eau rendues inutiles par l'usage unique d'eau de source.

Les agriculteurs et maraîchers utiliseraient sans inconvénients cette richesse; l'étendue des espaces dont ils disposent dans tout le bassin de la Seine et une grande partie de celui de la Loire leur permettrait d'épandre sur leurs terres un engrais précieux sans danger pour la santé publique.

Le volume de ces eaux et immondices serait, du reste, relativement peu important, toujours uniforme et ne dépasserait guère journellement une quantité de 80 000 m^3.

Les matières entraînées étant, pour la plupart, de vidanges, la décomposition et l'absorption en seraient rapidement faites et des épandages périodiques pourraient se pratiquer avec avantage.

Pour assurer un bon fonctionnement, chaque cabinet d'aisances est à pourvoir d'eau froide en quantité suffisante, de façon que les matières n'entrent pas en fermentation, soient bien diluées et facilement entraînées.

Les eaux industrielles, celles du moins qui sont empoisonnées par l'usage qui en est fait, ne sont pas à évacuer au loin, ni en Seine; elles doivent être perdues dans des puits profonds.

Ce sont elles surtout qui tuent les habitants du fleuve: nous pouvons citer à ce sujet un fait qui paraît probant.

Le Creusot emploie des acides sulfuriques pour le décapage des tôles minces. A un moment donné, on dirigea ces eaux de décapage dans un réservoi, dont la capacité est de 300 000 m^3 et qui déverse son trop-plein dans les étangs qui alimentent le canal du Centre.

A l'époque des chaleurs de l'été, lorsque les eaux ne se renou-

velerent plus, le poisson périt tout entier, ce qui ne s'était jamais vu.

A la suite de ce fait, on détourna les eaux de décapage pour les perdre dans des puits profonds.

Depuis, les réservoirs se sont repeuplés et en si grande abondance, qu'un millier d'ouvriers auxquels la pêche est concédée gratuitement trouvent là un passe-temps utile et agréable.

On peut en déduire que la mortalité du poisson qui a lieu dans la Seine à l'époque des basses eaux de l'été, mortalité qui est à la fois une perte et une cause d'infection, est due aux mêmes causes et non aux immondices charriées.

Cependant il ne faut pas en conclure que des eaux souillées sont propres à l'alimentation et aux usages publics. Dans l'exemple que nous citons, les eaux sont souillées à l'égal de celles de la Seine, et elles ne servent qu'à l'industrie qui elle-même souffre de leur impureté pendant les sécheresses prolongées.

Les habitants n'en font aucun usage domestique ni public (aussi n'ont-ils pas eu la visite du choléra); en cela, ils se montrent plus avisés que les Parisiens qui font leur toilette et celle de la ville avec le liquide nauséabond de la Seine quand ils ne s'en abreuvent pas.

Nous n'avons pas la prétention d'indiquer ici, dans une formule nette et précise, les meilleurs moyens à employer pour évacuer et traiter les matières fécales et résidus concentrés; nous avons déjà dit que plusieurs de nos savants collègues se sont occupés de cette question : puissent-ils lui donner bientôt la solution la plus pratique!

IV

Nous nous résumons en disant :

L'assainissement nécessaire au développement de la cité, au bien-être et à la santé des agglomérations parisiennes exige une grande abondance d'eau pure et froide pour les besoins de l'alimentation, pour les services publics et l'industrie.

Il exige impérieusement que le volume des basses eaux de la Seine soit considérablement augmenté, leur vitesse accélérée et qu'il ne soit plus fait au fleuve ni à ses affluents aucun détournement de leurs eaux.

Le système actuellement suivi va à l'encontre de cette théorie;

avec lui plus les besoins d'assainissement et d'alimentation grandissent par suite du développement de la capitale et des villes voisines, plus on réduit les moyens de satisfaire à ces deux exigences primordiales.

C'est là un cercle vicieux bien fait pour frapper les observateurs, déterminer les administrations et les ingénieurs à renoncer à faire des dépenses considérables pour appauvrir le fleuve et avancer la décadence de Paris.

L'unique et infaillible moyen d'atteindre le but désiré, c'est de pratiquer une importante prise d'eau dans la partie française du Léman, où il s'en trouve en abondance, de qualité supérieure à toutes autres et de créer une source abondante sur les sommets des coteaux de Châtillon.

Chaque commune de la Seine et de Seine-et-Oise pourra venir y puiser selon ses besoins et ses ressources, et cela à un prix moitié moindre que ne coûtent les eaux actuellement dérivées dans le bassin de la Seine.

Si on veut aboutir et conserver à Paris sa supériorité sur les autres capitales du monde, c'est par cette opération que l'on doit commencer la difficile entreprise d'assainissement de la Seine et de l'atmosphère parisienne, le reste viendra par surcroît.

NOTE

SUR

L'ALIMENTATION D'EAU DE PARIS ET DE LA BANLIEUE

ET SUR

L'ASSAINISSEMENT DE LA SEINE

Par M. BADOIS

Les idées émises par notre collègue, M. Duvillard, sur l'alimentation d'eau de Paris et de sa banlieue et sur l'assainissement de la Seine, se résument dans le fait de résoudre ce double problème qui s'impose de plus en plus à l'attention publique, par l'adduction d'une grande quantité d'eau pure et fraîche provenant du lac Leman, soit 24 m^3 par seconde ou 2 000 000 m^3 par jour.

Il y a quelque mérite, dans les conditions où nous nous trouvons actuellement, à mettre en avant un aussi grand projet. Il s'agit en effet de provoquer une entreprise considérable caractérisée par une canalisation de plus de 500 *km* de longueur, et par une dépense estimée à près 500 000 000 *f*, soit même, en faisant une large part aux bénéfices des entrepreneurs et aux imprévus de toute sorte, à 600 000 000 *f*.

Mais tout en rendant hommage à la conception de l'auteur et à son talent — son projet est connu et apprécié des membres de notre Société, — il faut dire que cette idée de l'assainissement d'une ville, par une grande masse d'eau pure, n'est pas sans précédent et qu'elle a été réalisée dans la Rome antique, avec une ampleur qui doit donner à réfléchir à nos édiles modernes. Le fait était de satisfaire à des besoins analogues à ceux que nous voyons se produire aujourd'hui pour la capitale de la France.

Si nous rappelons les données de l'alimentation romaine, données que nous trouvons très bien résumées dans l'ouvrage de notre collègue, M. Alfred Léger : *Les travaux publics au temps des Romains*, nous voyons que les neuf aqueducs principaux de la Cité romaine avaient ensemble une longueur de plus de 428 *km* et captaient une quantité d'eau de plus de 1 280 000 m^3 par jour, qui malgré l'énorme déperdition sur le parcours, par fuites, évaporation et détournements de 600 000 m^3, amenaient dans la ville et ses faubourgs plus de 680 000 m^3 d'eau de source, éminemment pure et fraîche ; le contingent de quelques sources avoisinantes portait ce chiffre à près de 800 000 m^3 pour une population urbaine de . . . . . 350 000 habitants
et suburbaine de . . . . . 150 000 —

Soit ensemble en moyenne. . . 500 000 habitants

laquelle ne s'est jamais élevée à plus de 560 000 habitants. Cet énorme amas d'eau entraînait aux égouts d'alors, aux *cloaques* et de là vers le Tibre qui les conduisait rapidement à la mer, toutes les impuretés de la ville et des faubourgs.

Un tel système a fonctionné pendant fort longtemps ; il a fallu la destruction même de la puissance de l'empire romain pour l'amoindrir et les vestiges qui en restent encore imposent l'admiration et constituent pour la ville éternelle, à l'époque actuelle, une alimentation d'eau surabondante et enviable par les plus grandes capitales du monde entier.

L'histoire ne dit pas cependant que la grande ville antique ait eu à souffrir des épidémies que nous voyons se reproduire trop malheureusement et trop fréquemment chez nous. Elle ne dit pas non plus, il est vrai, que les Romains aient jamais repris les eaux souillées du Tibre pour en abreuver à nouveau une partie quelconque de leur territoire.

Ce système avait donc du bon, et l'on ne peut taxer d'utopie la pensée de le faire revivre au bénéfice de l'agglomération parisienne et de l'admirable campagne qui l'entoure.

Qu'avons-nous à offrir, en comparaison, à cette population qui se compose aujourd'hui pour Paris de. . . 2 400 000 habitants
pour la banlieue formée du département de
la Seine et partie de Seine-et-Oise de. . . 1 200 000 —

Soit ensemble . . . . . 3 600 000 habitants

et qui s'accroît de 50 000 à 60 000 habitants par an, de telle sorte qu'avant dix années, le chiffre de la population aura dépassé 4 000 000 d'habitants, soit le *dixième de la population totale* de la France ?

Le compte sera bientôt fait :

1° L'aqueduc de la Vanne, qui a 173 *km* de longueur et a coûté, en tenant compte d'un certain nombre d'additions et de réfections, au bas mot 60 000 000 *f*, avait promis en projet 180 000 m^3 par jour ; il en amène avec peine 130 000 m^3, et certains jours d'été son débit se réduit à 90 000 m^3 ;

2° L'aqueduc de la Dhuis, de 131 *km* de longueur, qui pour une dépense de 20 000 000 *f* promettait d'abord 24 000 m^3 par jour, en donne à peine la moitié, et dans certaines périodes son débit tombe à 8 000 m^3 ;

3° L'aqueduc récent de l'Avre de 106 *km* de longueur ; il nous promet 100 000 m^3, en apportera-t-il bien régulièrement 60 000 m^3 ? L'expérience le dira ; en tout cas, il aura coûté 40 000 000 *f* ;

4° Enfin, l'aqueduc du Lunain, qui n'est encore qu'en projet, pour une longueur de 130 *km* et une dépense prévue de 25 000 000 *f* doit amener 50 000 m^3 par jour, mettons si l'on veut 40 000 m^3 dans les moments de sécheresse de l'été.

En résumé, par le fait des travaux d'hier et de ceux de demain, les ressources de la capitale de la France et de sa banlieue seront en *eau potable* au maximum 300 000 m^3 et pendant les étés secs 240 000 m^3 seulement par jour.

On aura dépensé pour ce maigre résultat près de 150 000 000 *f* pour construire 333 *km* d'aqueducs, non compris les dépenses pour réservoirs et conduites de répartition en ville.

Devons-nous faire compte de l'ancien aqueduc d'Arcueil réduit à un débit journalier de 1 000 m^3 d'eau mauvaise, du puits artésien de Grenelle qui ne fournit plus que 200 à 300 m^3, du puits artésien de Passy qui débite encore 5 000 à 6 000 m^3 d'eau chaude employée exclusivement au service du bois de Boulogne ?

Il est vrai que comme palliatif à la pénurie évidente qui ressort des chiffres ci-dessus, on satisfait aux besoins les plus pressants de la propreté des maisons et des rues en élevant journellement par machines 350 000 m^3 à 400 000 m^3 d'eau de l'Ourcq, d'eau de Seine, d'eau de Marne, c'est-à-dire d'eaux déjà souillées et plus ou moins impures, dont on connaît les fâcheux effets au point de vue de l'hygiène publique.

Tel est le tableau de l'alimentation promise au peuple de Paris et de sa banlieue. — On est bien loin, on le voit, de l'alimentation de Rome ancienne. Et cependant cette cité n'avait pas à faire face aux besoins industriels que nous avons. Elle ne connaissait pas la vapeur, ni les chemins de fer, ni l'emploi de l'eau comme force motrice.

La conclusion de cet exposé n'est-elle pas une insuffisance notoire des ressources en eau pure, pour une agglomération de 4 millions d'hommes ayant des besoins indéfinis de propreté, de bien-être et d'hygiène ?

Cette insuffisance, pour tout esprit réfléchi, ne peut que s'accroître rapidement, parce que, comme il a déjà été dit, la population s'accroit elle-même sans cesse et qu'en même temps le fait de l'usage de l'eau développe les besoins du confortable et que ces deux causes ensemble provoquent des nécessités nouvelles et de plus en plus impérieuses pour l'assainissement énergique des habitations, des rues et du sol lui-même, y compris les ruisseaux et cours d'eau qui le sillonnent. Il ne faut pas songer d'ailleurs aux seuls Parisiens, mais encore aux nombreux habitants des environs.

Il est bien avéré aussi que la puissance de débit des sources d'un bassin fluvial diminue à la longue par les emprunts constants qu'on leur fait. Ces sources s'abaissent d'abord, perdent de leur importance primitive et de pérennes qu'elles étaient deviennent plus ou moins inconstantes. Le fait n'est pas douteux, il s'est fait reconnaître déjà pour les sources des vallées de la Vanne et de la Dhuis. C'est d'ailleurs une loi générale dont les causes sont multiples, mais ne sont pas à rechercher ici.

Le système des *petites adductions successives* se trouve, en conséquence des observations ci-dessus, condamné en principe pour l'alimentation définitive du grand centre parisien.

Quand il aura donné tout ce qu'on en peut raisonnablement tirer, il faudra l'abandonner, et l'heure est venue de prendre cette décision.

Les adductions possibles, en effet, autour de Paris, sont de plus en plus limitées, elles deviennent de plus en plus coûteuses, elles soulèvent des protestations véhémentes de la part des communes et des localités dépossédées des eaux dont elles jouissaient paisiblement. Enfin, elles ont, au point de vue général de la fortune publique, le grand tort de provoquer l'asséchement des bassins

on les puise, au grand détriment de l'agriculture et de l'industrie de ces régions.

On est donc conduit à se demander quel système l'Administration devrait suivre dorénavant pour parfaire l'alimentation en eau de du bassin parisien et satisfaire à son assainissement, quels principes doivent la guider et quel programme doit être adopté ?

Il y a quelques années, une Compagnie industrielle avait proposé la dérivation des eaux de la Loire. Nous ne saurions souscrire à l'emploi de ce moyen. Ce serait insuffisant, car la Loire en étiage ne donne à Nevers qu'un débit de 17 à 20 m^3 d'eau par seconde. Cette eau ne pourrait être amenée par la gravité seule à l'altitude voulue. Enfin, sa température serait très variable, comme celle de toutes les eaux de rivière, chaude en été, froide en hiver.

Une prise d'eau en Seine à l'amont, en un point où l'eau serait relativement propre, ne saurait non plus être admise maintenant par les hygiénistes, car le développement des villes et des industries dans cette région rend suspectes les eaux qui la traversent. L'eau n'aurait pas en été la fraîcheur désirable. Enfin ce serait encore enlever au fleuve une partie du débit nécessaire à la navigation, à la salubrité de ses eaux et à leur rapide écoulement vers la mer.

On a songé à des moyens de filtrage, mais il ne faut faire aucun fond sur ces procédés pour obtenir un résultat quelque peu satisfaisant pour une grande masse d'eau à traiter. Les galeries de captation en lit de rivière se colmatent et s'engorgent. Celles de Rouen sont un exemple à méditer.

Les puits filtrants, bien disposés, sont plus sûrs pour de petites quantités d'eau. Ils exigent d'ailleurs des conditions toutes spéciales pour l'enlèvement automatique et constant des dépôts. Ils ont parfaitement réussi à Albi pour un volume de 4 000 m^3 par jour filtrés au travers d'une alluvion de 9 à 10 m d'épaisseur située en aval du Saut du Tarn ; mais où trouver sur la haute Seine une pareille situation ou quelque chose d'analogue? Et puis il s'agirait ici de plusieurs centaines de mille mètres cubes à filtrer et non de 4 à 5 000 m^3 seulement.

Ce ne sont pas non plus les procédés de *filtration artificielle* qui résoudront le problème. La Compagnie générale des Eaux a fait des essais fort intéressants sur le procédé de filtrage

Anderson par l'emploi de la chaux et de la tournure de fer, concurremment avec un brassage énergique obtenu mécaniquement. On fabrique ainsi de l'eau pure comme un produit industriel, au lieu de la prendre simplement dans la nature, où elle ne manque pourtant pas. Cela peut à la rigueur se défendre, comme pis aller, pour améliorer une eau malsaine que l'on est obligé d'employer à défaut d'autre, et pour des quantités restreintes; mais qui ne voit l'impossibilité de généraliser ce procédé pour la quantité énorme d'eau pure réclamée par le dixième de la population française réuni sous les murs de Paris? D'ailleurs, ce produit industriel, cette eau filtrée artificiellement n'est pas exempte de reproches. L'action du fer et de la chaux la prive de l'air et de l'oxygène dissous dans l'eau naturelle à raison de 5 à 7 cm^3 par litre. Il en résulte une eau indigeste, qui de plus est rendue éminemment propre à absorber à nouveau certains micro-organismes, comme l'eau bouillie, de sorte qu'après peu d'heures, si elle n'est pas utilisée immédiatement ou mise à l'abri des influences microbiennes, elle se corrompt et redevient aussi peu hygiénique qu'auparavant.

Donc tous les divers moyens que nous venons de passer en revue pour se procurer les eaux pures nécessaires, ne sont en réalité que des expédients; et il n'y a pas d'autre solution *rationnelle* et *définitive* pour amener à Paris cette grande quantité d'eau pure que celle indiquée par un proverbe arabe, c'est de la prendre où elle se trouve.

Or, où la trouver meilleure, plus fraîche et plus abondante et constante que dans le lac Léman, suivant la proposition de M. Duvillard? Ce lac a 600 km^2 de surface, l'eau y serait puisée sur la rive française; la conduite d'amenée reste en France sur tout son parcours. Je ne vois rien qui puisse mieux résoudre, ni d'une manière aussi pratique et efficace, le problème, d'assurer, dès maintenant et pour plusieurs siècles, l'alimentation d'eau pure et fraîche nécessaire à la vie de Paris et de sa banlieue et à son assainissement.

Ce n'est pas le moment de mettre en lumière les détails de ce projet ni de discuter sur ses moyens d'exécution. Je dirai seulement qu'une étude attentive, faite, à la demande d'une personnalité éminente, à plusieurs points de vue et par plusieurs personnes compétentes, semble bien en démontrer la praticabilité et la possibilité d'exécution, et qu'on peut résumer son utilité en disant:

sur les 2 000 000 m^3 journaliers que l'on pourrait dériver, *la moitié seulement*, soit 1 000 000 m^3 distribuée en abonnements à prix par des tarifs actuels, permettrait de faire face à toutes les charges d'exploitation et d'amortissement et de rémunérer les capitaux engagés au taux de 4 1/2 0/0 et même de 5 0/0, et que chaque million de mètres cubes excédant par jour constituerait au fur et à mesure de son utilisation les bénéfices de l'entreprise.

Ce qui doit surtout retenir notre attention en ce moment, c'est l'effet que produirait l'amenée de cette masse d'eau sur l'hygiène et l'assainissement général.

M. Duvillard a fait ressortir les bons effets de la dilution des matières dans une grande quantité d'eau froide, empêchant la fermentation et activant la circulation dans les égouts. Il a indiqué que cette eau, qui finalement arriverait à la Seine, soit directement, soit après avoir déposé sur les terrains d'épandages les résidus de la vie de la cité, assainirait le fleuve par l'effet d'un courant plus rapide et plus frais qui porterait à la mer les matières qui aujourd'hui s'arrêtent et restent dans son lit.

Je n'ai pas à revenir sur ces points ; je voudrais seulement examiner d'une manière un peu plus générale la question d'expulsion des eaux usées dans l'hypothèse de la réalisation du projet.

On a dit, en effet, qu'il créerait des difficultés nouvelles à cette question par suite de l'obligation d'agrandir tout le système des égouts actuels, trop petits pour recevoir une telle quantité d'eau supplémentaire.

Cette objection, au fond même fut-elle vraie, n'aurait aucune valeur, car ce qui domine toute la question, c'est le besoin d'eau qui se fera de plus en plus grand et qui ne cessera que lorsque l'abondance d'alimentation sera réalisée, soit de bon gré, soit par force des choses.

Or alors, quand on aura amené à Paris et dans les localités environnantes 1 500 000 m^3 ou 2 000 000 m^3 par jour, soit en eaux pures, soit en eaux plus ou moins impures, et par n'importe quel système, il faudra bien pourvoir à leur expulsion et par conséquent donner aux égouts les développements nécessaires.

Il faut donc envisager ce problème bien en face des maintenant, mais il n'est pas indifférent sous ce rapport d'amener toute la quantité en eau pure, comme je le voudrais, ou partie en eau pure, partie en eau déjà souillée, comme on le fait aujourd'hui.

L'alimentation en eau exclusivement pure supprimerait déjà le double système de canalisation, l'une d'eaux de sources, l'autre

d'eaux de rivières, au grand bénéfice du service et aussi des propriétaires.

Mais en outre, au point de vue de l'évacuation des eaux usées, le problème ne se présenterait plus de la même manière.

Suivant les errements actuels, on rejette toutes les eaux en égouts en même temps que toutes les déjections. On fait ce qu'on appelle le *tout à l'égout*. Puis on procède à l'épandage du liquide ainsi obtenu sur des terres de culture pour son épuration.

En théorie, cette solution est parfaite et l'on comprend qu'elle ait séduit les esprits éminents de Mille, de Durand-Claye, d'Alphand et de bien d'autres. La conception est simple, elle est grandiose.

Elle devait apparaître aux Ingénieurs qui l'ont fait prévaloir comme n'offrant aucun inconvénient sérieux, *au moment et dans les conditions* où la question se posait.

Il s'agissait de 300 à 400 000 m^3 par jour, dont les deux tiers d'eau déjà souillée (celle de l'Ourq entre autres) qui devenait seulement plus impure par son emploi au lavage des rues, et le tiers d'eau de source qui devait se saturer des produits de la vie humaine ; peu importait d'ajouter à ces eaux, que les égouts devaient évacuer, 2 000 m^3 par jour (c'était le chiffre d'alors) de matières de vidanges. On ne doutait pas de trouver facilement des surfaces de terrain en quantité suffisante pour l'épuration totale.

Malheureusement le problème, en pratique, est devenu moins simple et a pris un développement inattendu.

Ce n'est plus 300 à 400 000 m^3 par jour qu'il faut évacuer, c'est déjà 600 à 650 000 m^3. Ce sera bientôt 800 000 à 1 000 000 m^3.

Les matières de vidanges ont aussi doublé en quantité.

On s'est aperçu que l'on ne peut déverser les eaux à épandre en quantité aussi grande que l'on supposait sur les sols appropriés ; on arrive à se demander si, au lieu de 50 000 à 60 000 m^3 par hectare et par an, on peut judicieusement déverser 20 000 à 25 000 m^3.

La pratique a appris que cet épandage n'était pas reçu par les cultivateurs ou les maraîchers, les jours de pluie, ceux où la terre est couverte de neige ou de glace, ceux où ils font leurs récoltes ou bien travaillent leurs terres. De ce fait, l'épandage ne peut s'opérer que pendant les deux tiers de l'année ; que faire du liquide fertilisant mais nauséabond le tiers du temps restant ?

On a reconnu aussi qu'à la longue une sorte de colmatage se forme à la surface du sol ; que les divers matériaux entraînés déposent une espèce de feutre recouvrant la terre, ce qui la rend moins propice à l'absorption.

Certains hygiénistes ont contesté que tous les micro-organismes fussent entraînés jusqu'au bout des égouts et des canaux, amenés dans l'intérieur du sol et même y fussent détruits (1). Quelques personnes ont remarqué que les matières de vidanges jetées dans les égouts et les eaux graisseuses et ménagères tapissent les parois d'un enduit spécial, gluant, très difficile à enlever, qui retient les germes nuisibles ; la maçonnerie elle-même est poreuse, s'imprègne de ces matières et garde les microbes pour les restituer plus tard.

D'autres savants ont fait observer que le liquide saturé, répandu en abondance et d'une manière répétée sur la même surface de terrain, lui abandonnait bien des engrais azotés, mais que l'eau filtrant dans le sous-sol enlevait en même temps à ce dernier les sels solubles, azotates ou autres, nécessaires à la nitrification des germes, et ils se sont demandés si l'enrichissement à la surface n'était pas compensé, dans le cas d'un arrosage intensif, par l'appauvrissement du sous-sol qui se peuplerait alors de microbes, lesquels remonteraient ensuite par capillarité jusqu'à la surface et produiraient de nouvelles épidémies (1).

Enfin, les médecins et le public se sont alarmés de constater les effets évidents causés par le retour en Seine des eaux d'égouts non complètement épurées et qui, l'année dernière, ont eu une influence marquée sur la marche des épidémies survenues en été.

De tous ces faits, il ne résulte pas certainement que la théorie de l'épuration par le sol soit fausse ou mauvaise, mais qu'elle doit être *bien appliquée* pratiquement pour produire de bons effets.

Il faut évidemment que cette application soit modérée et restreinte aux conditions où elle donnera toute sécurité, et pour cela il faut disposer, en même temps que de grandes masses d'eau, de grands espaces de terrains propices à l'épuration, échelonnés sur un assez long parcours. Il faut aussi, et cette opinion commence à prendre une très grande consistance, que les eaux ménagères et les matières de vidanges ne soient plus jetées en égout, mais recueillies par des conduits fermés, spéciaux et séparés, logés si

(1) Voir rapport de M. Pasteur, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXV, p. 1093.

l'on veut dans l'égout, de manière à constituer ce que notre distingué collègue M. Vauthier a appelé le *Tout par l'égout* par opposition au *Tout à l'égout.*

Telle est bien, je crois, la situation actuelle de ce qu'on a appelé le *tout à l'égout.* Jusqu'ici on n'a pas cru qu'il fallût faire une distinction entre les diverses natures d'eaux usées, et on les a classées dans une seule catégorie : *l'eau d'égout.*

Est-ce bien légitime? Je ne le pense pas et je suis persuadé, au contraire, qu'avec le développement certain de l'alimentation on sera forcément amené à considérer plusieurs sortes d'eaux usées, pour chacune desquelles le mode d'expulsion pourra différer.

1° Les eaux des fontaines jaillissantes, le trop-plein des bornes-fontaines, celles des squares et des promenades sont évidemment assez pures après avoir coulé (dans l'hypothèse de l'alimentation unique en eau pure) pour être déversées immédiatement dans la Seine. Elles pourraient former le quart ou le cinquième des eaux totales quand on aura l'eau en abondance;

2° Les eaux de lavage des rues, celles des pluies ordinaires sont troubles, contiennent des principes azotés et quelques immondices provenant des ruisseaux et chaussées, mais ne sont pas pestilentielles, surtout si le lavage est abondant et s'opère par une eau pure et fraîche.

Ces eaux seront sans danger pour la santé publique si la dilution est suffisante; néanmoins, comme elles troubleraient la rivière, il faut les déverser en égouts. On peut les estimer à la moitié ou aux trois cinquièmes des eaux totales.

3° Les eaux usées dans les habitations, eaux ménagères et chargées des vidanges, celles provenant des urinoirs, chalets publics, écuries, hôpitaux, etc., sont absolument dangereuses pour la santé publique, même après le lavage obligatoire des lieux d'aisances prescrit par les nouveaux règlements; elles ne doivent en aucune façon être admises dans les égouts ouverts, à plus forte raison être déversées dans la Seine. Elles doivent être recueillies dans des conduites closes et transportées, soit par aspiration, soit autrement, dans les points où se fera leur expulsion. Elles formeraient probablement le dixième de l'eau totale. — Une intéressante application de ce principe se fait depuis quelque temps déjà, par la Société d'assainissement, dans une partie d'un quartier de Paris et la commune de Levallois-Perret. Les

résultats en sont très satisfaisants et il faut espérer que cette application se développera. Une autre application se poursuit à Lyon avec succès route d'Heyrieux.

1° Les eaux résiduaires des usines classées comme établissements insalubres ou de celles qui produisent des eaux acidulées ou chargées de matières nuisibles forment une autre catégorie d'eaux usées, d'une nature spéciale, malfaisantes pour la santé publique et qu'on ne devrait déverser ni dans les égouts ni dans la rivière, comme l'a dit M. Duvillard. Il est aussi facile de classer ces usines sous le rapport des eaux et résidus qu'elles abandonnent que sous celui de leur insalubrité et de leur incommodité et il est possible d'imposer à celles qui rendent les eaux malsaines l'obligation de perdre ces eaux dans des puits profonds ou de les épurer par leurs moyens, sans charger de ce soin la collectivité. Il paraît qu'une décision préfectorale récente a été prise dans le sens que nous indiquons pour une usine de Paris.

Ces eaux résiduaires peuvent former à l'estimation un dixième des eaux totales.

La distinction étant ainsi établie entre les diverses natures d'eaux usées, il n'y a pas lieu de se préoccuper des premières, les eaux restant pures, qui seront rejetées directement en Seine par quelques-uns des anciens égouts aménagés à cet effet, ni des quatrièmes, les eaux résiduaires d'usines, que les intéressés devront faire disparaître comme il a été dit.

Il reste : 1° d'une part, les eaux ménagères et de vidanges venant des habitations, qui sont à amener en conduites fermées en des points choisis. Elles formeront un engrais puissant et on pourra, vu leur quantité relativement faible, les épandre par petites doses sur les terrains maraîchers et agricoles, suivant les demandes des cultivateurs ; ou bien peut-être trouvera-t-on avantageux de les refouler à une certaine distance de la ville dans des usines les transformant en produits utiles.

Il reste encore : 2° d'autre part, les eaux d'égout proprement dites, eaux de lavage des rues, non malsaines, mais contenant à faible dose des matières azotées utiles pour la culture, qu'une simple décantation purifiera, et qui seront acheminées par des canaux courant sur le sol et de là vers le thalweg de la Seine, en des points plus ou moins éloignés de Paris, selon les surfaces nécessaires pour leur épandage rationnel et leur épuration.

Ces eaux utiliseraient les installations actuelles créées ou proje-

tées pour l'application du système dit du tout à l'égout ; elles ne donneraient certainement pas lieu aux plaintes qui se sont produites jusqu'ici ; car débarrassées des vidanges, des eaux ménagères et des eaux résiduaires industrielles mauvaises, elles n'auraient aucun danger pour la santé publique ; comme du reste elles ne formeraient que la moitié ou les trois cinquièmes des eaux totales, leur volume ne causerait pas un plus grand embarras que la totalité des eaux d'égouts d'aujourd'hui.

En suivant ce programme on arriverait sûrement, me semble-t-il, à un état sanitaire absolument satisfaisant, non seulement à Paris, mais dans sa banlieue et les campagnes environnantes, et la Seine serait évidemment, et pour toujours, libérée de l'infection qu'elle subit.

On serait conduit, ce n'est pas douteux, à un remaniement du réseau des égouts et aussi à une certaine extension, parfois même à un doublement sur quelques points. Mais ces dépenses, qui seront d'ailleurs moins importantes qu'on serait tenté de le croire au premier abord, deviendront, quoi qu'on fasse, obligatoires dans un délai peu éloigné, comme je l'ai expliqué, par le fait des besoins incessamment croissants de l'alimentation d'eau nécessaire au bassin parisien.

En résumé, le principe actuellement en vigueur pour le service des eaux de Paris et de l'assainissement consiste : 1° à amener et distribuer en ville deux natures d'eau par un double système de canalisation : les eaux pures en quantité restreinte et les eaux impures en quantité beaucoup plus grande ; 2° à expulser toutes les eaux usées et chargées de toutes les impuretés de la cité par un seul système d'évacuation, le tout à l'égout.

Je conclurai en disant qu'il faut renverser la proposition et la formuler ainsi :

1° Amener en quantité énorme UNE SEULE NATURE D'EAU pure et fraîche et la distribuer par un seul système de canalisation ;

2° Expulser les eaux usées, selon leur nature et leur provenance, par UN DOUBLE SYSTÈME D'ÉVACUATION.

LE MATÉRIEL AGRICOLE

A L'EXPOSITION DES CHAMPS-ÉLYSÉES

EN 1893

Par le Comte DE SALIS

Le mouvement irrésistible, parce qu'il est raisonné, qui entraine de plus en plus l'agriculture française vers l'emploi des machines, s'est manifesté d'une façon irrécusable dans la dernière Exposition des Champs-Élysées.

On sait que le concours d'animaux gras, qui avait été créé en 1844 à Poissy, a été transporté successivement à la Villette en 1868 et au Palais de l'Industrie, où il est complété par un concours d'animaux reproducteurs et un concours de produits agricoles de toute espèce. Au début, quelques constructeurs avaient demandé et obtenu d'y exposer quelques instruments; aujourd'hui, le concours est doublé d'une exhibition de machines et de matériel agricole, installée entre le Palais de l'Industrie (réservé aux différentes espèces vivantes et aux produits) et le Cours-la-Reine.

Le nombre des appareils présentés aux regards du public va constamment en croissant; sans faire une étude rétrospective, il suffira d'indiquer que le matériel exposé comptait 2 000 objets en 1880, 3 500 en 1885, et que, dans l'exhibition qui a duré du 30 janvier au 3 février 1893, 6 148 instruments et machines se disputaient l'attention du public.

Ce chiffre n'a jamais été atteint; il dépasse celui des plus beaux concours de la Société royale d'Agriculture d'Angleterre. Il ne faut pas, toutefois, se faire d'illusion; s'il montre la puissance de fabrication de nos constructeurs, il est aussi, dans une certaine mesure, le résultat de l'encombrement de leurs magasins, dû à la stagnation des affaires et à la gêne de l'agriculture.

Quoi qu'il en soit, l'ensemble de l'exhibition est très complet, bien que, bien qu'il n'y soit distribué aucune récompense, les constructeurs ont un grand intérêt à y faire figurer les produits de

leurs usines, l'Exposition étant visitée par un très grand nombre d'agriculteurs venus de tous les coins de la France et qui réservent leurs achats pour ce moment, où ils peuvent se livrer à des études comparatives. Il s'est donc créé, par la force des choses, une foire générale du matériel agricole, où des affaires très nombreuses se concluent immédiatement et où des marchés non moins importants se préparent pour le courant de l'année.

Il est très intéressant d'examiner de près ce vaste champ d'exposition, avec la certitude de pouvoir y trouver un tableau aussi complet que possible de tout ce que le génie rural met à la disposition de l'agriculture.

Des machines agricoles.

La caractéristique de l'industrie au XIX^e^ siècle est l'invasion de la mécanique dans toutes les branches du travail universel. L'agriculture a été la dernière à profiter de ce bienfait, dont le résultat est l'augmentation de la puissance productive, la multiplication des produits pour une même quantité de travail humain, et l'exécution de tâches impossibles à remplir si l'on n'avait pas recours aux ressources illimitées de la mécanique.

Il faut ajouter que, si elle dispense de chercher un personnel qui, dans bien des circonstances, est impossible à trouver, elle permet d'opérer vivement, de profiter des circonstances atmosphériques favorables, fait capital avec un climat aussi instable que celui de nos contrées.

Enfin, les machines effectuent les travaux agricoles non seulement à meilleur marché et plus rapidement que les bras de l'homme, mais encore avec une perfection qu'il est impossible d'obtenir autrement.

Il faut convenir que la mécanique n'a pas seule contribué à la transformation de la production agricole; les immenses progrès de la chimie en ont fait un auxiliaire précieux du cultivateur, qui, à l'aide des engrais chimiques et guidé par la loi de restitution, maintient dans la composition du sol arable les matériaux que les récoltes en ont enlevés. La physiologie et la biologie guident aussi l'exploitant dans les soins à donner aux êtres vivants pour les faire croître et en tirer tout le parti possible. Mais, quelles que soient les merveilles dues à la chimie, quelque secours que procurent les sciences naturelles, le rôle de la mécanique l'emporte de beaucoup, puisque c'est elle qui met en état le sol de la ferme,

recueille les récoltes et les transforme de façon à en tirer profit. Elle est le point de départ et la conclusion de tout ce qui se fait dans la ferme.

Ces considérations rentrent bien dans le rôle général que jouent les machines dans l'industrie et montrent que leur emploi produit des effets identiques en agriculture. Néanmoins, certains esprits se sont demandé si la construction des machines agricoles ne devait pas être dirigée par des vues autres que celles des machines manufacturières.

Au premier abord, on pourrait le croire; mais, en analysant les circonstances dans lesquelles travaillent les instruments ruraux, il est facile de voir que la différence n'est pas aussi sensible qu'on l'imagine *a priori*, et que la lenteur avec laquelle les progrès se sont manifestés est due à cette idée fausse de vouloir reléguer le matériel agricole dans le nombre des objets que l'on peut établir sans étude scientifique, en se rapportant uniquement à une routine plus ou moins vicieuse et en abandonnant la construction à des praticiens sans savoir scientifique.

On a prétendu qu'une machine agricole était caractérisée par ce fait qu'elle ne fonctionnait que peu de temps par an, tandis que la machine industrielle était constamment en mouvement; l'observation est vraie pour les faucheuses et moissonneuses, ainsi que pour les semoirs. Mais les instruments aratoires travaillent presque toute l'année, et les nombreux appareils dits d'intérieur de ferme sont mis en mouvement d'une façon continue dans une exploitation bien dirigée.

On a aussi argué de la diversité du sol, de la culture et du milieu économique qui font varier les types dans les appareils d'un même groupe, cela est indéniable; mais il en est de même dans l'industrie, où chaque machine doit être appropriée à la nature particulière de la tâche à laquelle elle est affectée; par exemple, le matériel de filature n'est pas le même pour les différentes matières textiles; les fours de la métallurgie sont de construction différente, selon les minerais à traiter.

Enfin, on a cité l'exemple de toute une série d'instruments créés par suite de besoins nouveaux de la culture; par exemple, le matériel créé pour la culture de la vigne. Le même fait se trouve dans l'industrie, il suffit de citer les appareils à fabriquer le caoutchouc, qui n'existaient pas il y a cinquante ans, les machines-outils pour la fabrication des vélocipèdes, qui sont pour ainsi dire d'hier.

Pour terminer cette étude sommaire, il reste à voir si l'emploi des machines dans les exploitations agricoles ôte du labeur aux ouvriers de la campagne et s'il a une part dans l'émigration fâcheuse des classes laborieuses vers les villes. Certainement, une machine diminue le nombre de bras employés pour faire un travail déterminé ; mais, d'un autre côté, l'agriculture moderne fait des opérations plus nombreuses que celles d'autrefois, le sol reçoit un plus grand nombre de façons, les produits subissent dans la ferme des manipulations inconnues dans les premières années du siècle, de telle sorte que l'on peut dire sans erreur que c'est la main-d'œuvre qui manque à la culture plutôt que la besogne aux ouvriers ruraux. Nulle part on ne voit un travailleur des champs inoccupé, tandis qu'à certains moments, les chefs d'exploitation sont dans le plus grand embarras pour arriver à effectuer à temps les tâches les plus urgentes.

A tous les points de vue, l'introduction presque exclusive de la mécanique en agriculture a été bienfaisante ; elle réduit les prix de revient, permet de donner à la culture proprement dite des soins impossibles à réaliser si on n'a pas recours à ses engins et ménage les forces de l'homme, qui rentre ainsi dans son véritable rôle de conducteur des forces naturelles ; il n'est plus un moteur, c'est-à-dire une bête de somme asservie à la matière, mais bien un être libre et intelligent, digne de ses destinées immortelles.

Des moteurs agricoles.

Aussitôt que l'on pénètre dans le vaste emplacement attribué à l'exploitation du matériel agricole, l'œil est frappé par l'immense quantité de machines motrices de toute force et de toute nature qui se disputent l'attention du visiteur. Nous sommes loin de l'Exposition universelle de 1855, où, sur ce même emplacement, on pouvait bien compter une demi-douzaine de locomobiles timidement présentées par leurs constructeurs. La différence n'est pas moins éclatante quand on étudie les détails des machines.

Au début, on recherchait avant tout la simplicité d'exécution et la facilité de déplacement, ainsi que le bon marché. Les chaudières étaient à nu, le mécanisme à détente fixe réduit au nombre strict d'organes nécessaires pour obtenir le mouvement ; malgré les défectuosités de ces engins, on avait rendu un immense service aux travaux publics et à l'agriculture ; on avait la machine à vapeur transportable, venant se mettre à pied d'œuvre.

Pour les exploitations agricoles, c'était une véritable révolution. On pouvait effectuer rapidement les travaux d'égrenage et, par conséquent, battre monnaie en profitant d'un instant favorable; on mettait fin aux gaspillages inévitables avec l'emploi du fléau et comme avec la lenteur d'une machine mue par le manège.

Il n'a pas fallu de longues années pour s'apercevoir qu'un moteur rudimentaire est coûteux; qu'une bonne machine à vapeur n'est pas au fond plus difficile à conduire qu'un moteur imparfait. Aussi voit-on maintenant les locomobiles agricoles munies de tout ce qui fournit une économie de combustible. Nombre de ces machines ont des détentes variables pendant la marche, quelques-unes ont les cylindres à enveloppe de vapeur; un certain nombre de constructeurs ont adopté le système compound; partout on voit des régulateurs bien installés au lieu des appareils informes des premiers temps, qui n'étaient établis que pour satisfaire aux prescriptions réglementaires, mais n'avaient aucune action sur la marche du moteur. Quelques machines mi-fixes sont munies de condenseurs.

Des améliorations analogues sont apportées à la construction des générateurs. La chaudière à retour de flamme et à foyer amovible qui, à son début, avait excité les défiances des cultivateurs, est maintenant très recherchée, à telle enseigne que certains mécaniciens les emploient exclusivement pour leurs moteurs agricoles.

Comme conséquence de ces grands progrès, on peut remarquer le petit nombre de manèges; on commence à s'apercevoir que le cheval est de tous les moteurs mécaniques le plus cher; on a toujours mieux à faire des attelages que de les employer à actionner les instruments d'intérieur; les charrois et les travaux d'ameublissement et de nettoyage du sol les réclament, et il est nécessaire de les y affecter exclusivement.

Le remplacement des manèges par les machines à vapeur s'impose maintenant que l'on est parvenu à obtenir de petits générateurs fournissant économiquement la vapeur.

Celle-ci rencontre actuellement une concurrence qui commence seulement à se manifester dans les machines à gaz ou à air carburé, les unes rendent d'importants services dans les exploitations, peu nombreuses que l'on ne croit généralement, situées dans les communes où se trouve une usine à gaz; les autres peuvent être employées partout et, par conséquent, correspondent aux besoins de toutes les fermes. Les perfectionnements que l'on est en droit d'attendre de leur valeur thermique leur réservent un avenir d'au-

tant plus certain que, dans beaucoup de cas, on les emploie avec avantage.

Instruments pour la culture du sol.

Charrues. — La charrue est l'instrument le plus répandu ; on le choisit toujours comme l'emblème de l'Agriculture ; aussi était-il représenté aux Champs-Élysées sous ses formes multiples et formait-il le fonds de l'Exposition.

Il est difficile de connaître le nombre exact de charrues employées par l'Agriculture française ; les statistiques qui paraissent les plus exactes l'évaluent à 2 500 000 ; comme la durée maxima d'un de ces outils est de dix ans, on voit que seules les charrues donnent lieu à l'établissement annuel de 250 000 objets qui représentent une somme de 30 à 35 millions au moins. Ce chiffre ne résulte que du remplacement des engins usés, en leur attribuant une durée plus grande que la moyenne ; en réalité, la fabrication est beaucoup plus considérable, si on met en ligne les réparations continuelles d'un engin constamment soumis à des chocs et à des efforts considérables, ainsi que le remplacement d'outils défectueux par d'autres plus en rapport avec les progrès de la science.

Dans une communication précédente, il a été montré que les labours doivent se faire à plat et que la charrue à choisir était le *brabant double*. Tel est l'avis de tous les cultivateurs et, par conséquent, celui des constructeurs ; presque toutes les charrues exposées appartenaient au type indiqué. Il faut y noter l'emploi de l'acier pour les *versoirs* et même les *âges* des instruments.

La forme de toutes les pièces n'est plus abandonnée à la routine : elle est maintenant étudiée d'après les lois de la résistance des matériaux et les constatations faites dans les nombreux essais répétés depuis le commencement du siècle. Un seul point, quoique très étudié, est resté sans solution précise, c'est la nature de la surface à donner au versoir ; de nombreuses expériences et les recherches analytiques de Barré de Saint-Venant et de Grandvoinnet donnent comme solution une surface hélicoïdale ; des travaux plus récents feraient croire qu'une surface cylindrique répond mieux aux conditions du problème ; on arriverait ainsi à établir plus facilement et à meilleur marché des versoirs irréprochables ; MM. Amiot et Bariat, ingénieurs-constructeurs à Bresles, se sont attachés à l'étude de cette question capitale, il y

à tout lieu d'espérer qu'ils l'amèneront à bonne fin ; ils ont présenté aux Champs-Elysées des brabants doubles munis de versoirs cylindriques qui ont fait leurs preuves ; des expériences dynamométriques semblent démontrer l'exactitude des théories de ces habiles praticiens.

Il s'agit d'une des questions les plus importantes pour les exploitations rurales ; les nombreux labours effectués par les attelages représentent une des plus grandes dépenses de travail mécanique, et par conséquent d'argent pour la culture ; toute économie sur ce point est multipliée par un coefficient très considérable. L'usage des anciennes charrues de pays a fait gaspiller en pure perte des milliards pendant les siècles où elles ont été employées exclusivement.

L'économie de 50 0/0 de traction et de main-d'œuvre qui résulte de l'emploi des charrues polysocs est connue depuis longtemps, mais la méthode a eu de la peine à se généraliser, quoique tous les cultivateurs qui l'emploient en aient été très satisfaits. Aujourd'hui, ces excellents instruments sont beaucoup plus usités et l'exposition des Champs-Élysées en renferme un grand nombre de modèles établis dans de bonnes conditions de solidité et d'emploi du métal.

Defonceurs. — Si l'on veut obtenir un grand rendement, il faut remuer profondément le sol, pour permettre un plus grand développement aux racines des végétaux et pour augmenter l'épaisseur de la couche ameublie accessible aux engrais et aux pluies superficielles. Deux systèmes sont en présence : dans le premier, il y a retournement complet de la terre, et le sous-sol est ramené à la surface pour être soumis directement à l'action des agents atmosphériques ; dans le second, la couche supérieure est seule retournée aux profondeurs habituelles et le sous-sol est simplement ameubli et rendu perméable par le passage d'un outil, qui permet aux végétaux dont les racines ne sont pas assez fortes pour traverser une couche de terre compacte d'y pénétrer et d'y puiser leur nourriture ; on évite ainsi les déceptions qui attendent le cultivateur qui a labouré trop profondément sans fumure intensive et qui, par conséquent, a ramené à la surface une terre peu propre à fournir aux plantes l'aliment nécessaire pour leur développement.

Pour arriver à ce résultat, on remplace par trois fers fouilleurs le corps du brabant qui verse la terre à gauche, ces fers sont soli-

dement entretoisés entre eux. On commence par faire la raie avec le versoir qui rejette la terre à droite et on revient sur la même raie avec les fers fouilleurs qui remuent le sol aussi complètement que possible sans le retourner. Cette disposition est très appréciée dans le nord de la France pour la culture du blé et de la betterave ; on l'adopte aussi dans le midi pour les défoncements qui précèdent les nouvelles créations de vignobles.

Si l'on veut opérer un peu moins profondément, on peut conserver les deux versoirs en ajoutant à chacun d'eux deux griffes fouilleuses placées à leur arrière ; le sol est ainsi ameubli à une profondeur de 15 à 18 *cm* au-dessous du labour. Cette addition exige deux bœufs de plus dans l'attelage de la charrue ; en opérant ainsi, on obtient un premier mélange du sous-sol avec la terre arable, qui permet, au bout de la rotation de l'assolement, de ramener complètement le fond à la surface sans avoir à craindre de nuire à la végétation, car cette première opération l'a soumis en partie à l'action des matières fertilisantes et des agents atmosphériques.

Le célèbre cultivateur de Moufflaye, Vallerand, avait érigé en doctrine le retournement complet du sous-sol ramené à la surface ; c'est dans ce but qu'il avait fait construire sa charrue *la Révolution*, à laquelle il avait donné ce nom pour indiquer un changement complet dans les habitudes culturales. Aux dimensions près, cet appareil est, dans ses données générales, un brabant double à avant-train ; il y a deux coutres : le premier est destiné à fendre la partie supérieure de la bande de terre et à écarter les fumiers à enfouir ; le second coutre ouvre la partie inférieure de la bande de terre. Deux seps-socs en fonte font avant-corps au versoir et reçoivent deux autres lames en acier, ainsi que deux pointes devant également en acier. Les versoirs en tôle sont fixés d'un côté du sep-soc et de l'autre à l'étançon d'arrière par des contre-fiches en fer. L'étançon d'avant traverse l'âge et relie les deux seps-socs en fonte. Un levier commande le déclic qui sert à retourner la charrue.

Attelée de douze bœufs, la *Révolution* fait un travail extraordinaire ; on obtient d'elle des sillons qui ont jusqu'à 60 *cm* de profondeur ; ce labourage est effectué avec une régularité admirable. Vallerand lui attribuait les rendements extraordinaires obtenus dans son exploitation.

Cette charrue, établie d'abord par Parcleur, sur les indications de Vallerand, a été adoptée avec de légères modifications par les

constructeurs du Nord, Bajac, Amiot et Bariat, Candelier, Henry frères, Durand, etc.

Un labour de défoncement aussi énergique ne peut être pratiqué régulièrement que dans de très grandes exploitations; il faut reconnaître qu'il rencontre des difficultés d'exécution qu'il n'est pas toujours possible de surmonter; non seulement il est peu de fermes où l'on dispose de six paires de bœufs, mais encore il est très incommode de les faire marcher ensemble; le mauvais temps est un obstacle au fonctionnement d'un aussi grand nombre d'animaux marchant à la file, etc. Il vaut mieux, dans ce cas, avoir recours aux grandes charrues à bascule et au labourage à vapeur.

Toutefois, dans une exploitation de médiocre étendue, on peut avoir à opérer des défoncements; aussi a-t-on recours depuis quelques années à une solution qui, si elle ne fournit pas un travail très rapide, permet de labourer très profondément avec une force motrice médiocre et un ensemble d'appareils coûtant moins cher que ceux du labourage à vapeur proprement dit.

Les défoncements à une grande profondeur, très utiles pour certaines cultures, telles que celles des plantes à racines pivotantes ou profondes, comme la luzerne, le maïs, les betteraves, etc., ont pris une importance nouvelle par suite de la reconstitution en plants américains des vignobles détruits par le phylloxera.

De nombreuses constatations ont montré que les cépages plantés sur des défoncements de 55 et 60 *cm* fournissent un développement de végétation double et quelquefois triple de ceux installés sur des défoncements ordinaires de 30 à 35 *cm*. Les vignes sur défoncements profonds commencent à produire dès la deuxième année et donnent une vendange abondante la troisième année, tandis que celles établies sur défoncements médiocres ne commencent à produire des demi-récoltes qu'à partir de la troisième ou quatrième année, alors que les autres donnent des récoltes de grande abondance. Il est donc indispensable de faire précéder toute plantation de vignes d'un défoncement préalable très énergique.

Le procédé consiste à faire traîner la charrue défonceuse par un câble actionné par un treuil; celui-ci est mis en mouvement soit par un manège, soit par une locomobile. Quand la charrue est arrivée au bout de sa raie, elle est ramenée vers le treuil sans toucher le sol. On a fait des essais en faisant travailler la charrue dans les deux sens; mais il faut alors avoir recours à des systèmes

d'ancre très lourds, difficiles à installer et dont le fonctionnement laisse beaucoup à désirer; en réalité, il y a avantage de temps à se contenter de ne faire travailler la charrue que lorsqu'elle marche vers le treuil.

La charrue employée avec les treuils est le brabant simple, construit avec des organes renforcés, en raison des efforts considérables qu'il doit supporter, et muni de socs dont les dimensions correspondent à la profondeur considérable de l'enfoure et à la largeur de la raie.

En présence d'une demande considérable des consommateurs, tous les grands ateliers de construction d'instruments aratoires établissent les treuils et les grandes charrues de défoncement. L'Exposition en présentait divers systèmes, tous basés sur des idées analogues.

Herses. — Cultivateurs. — Extirpateurs. — Scarificateurs. Déchaumeurs.

Tous ces instruments sont les compléments indispensables de la charrue et sont établis par les mêmes fabricants. Ils présentaient peu de nouveautés; il suffira de signaler l'emploi de plus en plus général des herses souples à chaînons et à mailles, des herses norvégiennes, et pour les scarificateurs et extirpateurs, des dents en acier symétriques. On arrive aussi à l'habitude, déjà ancienne en Angleterre, de n'avoir que des *cultivateurs*, c'est-à-dire un seul bâti sans trous, qui l'affaiblissent et qui s'élargissent par suite de la résistance du sol, et sur lequel on fixe, par des assemblages à brides, des séries de dents de formes variées, les unes pointues pour couper le sol, les autres en forme de petits versoirs pour l'écrouter.

Rouleaux et émotteurs.

Les rouleaux ont été pendant de longs siècles, avec la charrue et la herse, les seuls instruments dont se soient servis nos aïeux. Sans insister autrement sur ces engins qui servent à écraser les mottes que le hersage n'a pu briser et inversement à *plomber* c'est-à-dire comprimer et aplanir les terres légères, il faut constater une grande amélioration due aux progrès de la métallurgie : on établit maintenant avec de la tôle d'acier des rouleaux de très grand diamètre ayant le même poids que les rouleaux de fonte

de petit diamètre ; on diminue ainsi notablement le frottement de roulement et par conséquent le nombre d'animaux employés à la traction du rouleau.

Une application toute nouvelle des rouleaux a été montrée par M. Rajac de Liancourt. Ce constructeur ajoute au rouleau plat ou au rouleau ondulé des couronnes mobiles ayant la forme d'un tore à section circulaire. Pour réaliser cette disposition, les tores sont divisés par un plan passant par l'axe de révolution du cercle générateur ; ces deux parties sont réunies par une charnière d'un côté et un joint boulonné de l'autre, de sorte qu'en serrant les boulons ils font corps avec le rouleau.

Celui-ci, qui est destiné à être employé sur les terres semées en betteraves, donnera lieu à un tassage inégal de la pièce sur laquelle on le traînera, mais les tassements inégaux seront salutaires ; on est ainsi assuré contre les risques des conditions climatériques, et, quelle qu'ait été la siccité ou l'humidité de l'atmosphère, on fera dans de bonnes conditions l'opération capitale du *démariage*, dans laquelle on cherche à ne conserver que les plantes les plus vigoureuses avec un écartement régulier. On sait que, suivant que le temps est plus ou moins sec, la levée des graines a plus ou moins de succès selon le degré de tassement. Avec le rouleau à couronnes inégales, on est toujours certain de rencontrer des lignes bien levées et à espacement régulier.

Il faut ajouter que les couronnes étant mobiles s'adaptent à tous les rouleaux, qu'elles se montent et se démontent très facilement, de sorte qu'un instrument qui en a été garni redevient, quand on veut, un rouleau ordinaire.

Les *émotteurs* et *pulvérisateurs* ont, à l'encontre des rouleaux, pour but de diviser le sol et de le réduire en une sorte de poussière fine. Ces instruments, usités depuis longtemps en Angleterre et en Amérique, ne font qu'apparaître, depuis deux ans, à nos concours, où plusieurs constructeurs français en présentent de très beaux spécimens.

Ils peuvent remplacer avec avantage les grosses herses, à la condition de ne leur donner à travailler que des terres déjà ameublies et exemptes d'herbes traînantes ; si cette condition n'est pas remplie, il faut avoir recours au cultivateur ou au scarificateur.

Le pulvérisateur se compose de deux parties disposées symétriquement de chaque côté de la flèche ; l'une des parties consiste en un certain nombre de disques concaves enfilés sur un arbre

que l'on peut incliner à volonté à l'aide d'un levier de façon à les faire pénétrer plus ou moins dans la terre. Lorsque l'arbre est horizontal et que, par conséquent, les disques rencontrent le sol à angle droit, ils n'y entrent pas ; si, au contraire, on les place obliquement à l'aide du levier, une bande de terre est découpée très énergiquement, retournée, divisée et émiettée.

Une machine américaine, dite Phénix, remplace les disques pleins par des disques étoilés, de 40 *cm* de diamètre, formés de six lames rectangulaires que l'on incline comme ceux de l'appareil précédent.

Les supports des arbres des disques sont surmontés de caisses que l'on peut charger à volonté de pierres ou d'autres matières lourdes pour faciliter la pénétration des disques.

Semoirs et distributeurs d'engrais.

Les semoirs sont des appareils essentiellement modernes, que les agronomes ont eu grand'peine à faire entrer dans le domaine de la pratique, malgré leurs immenses avantages. Leur construction en France a pris des développements considérables, comme on peut s'en assurer par les nombreux appareils de ce genre qu'on rencontrait aux Champs-Élysées.

Il n'y a pas d'engin sur lequel les idées fausses se soient exercées avec plus d'ardeur que sur le semoir. Pour chercher le bon marché, on a sacrifié pendant longtemps les tubes flexibles et les pieds mobiles, qui sont les organes essentiels, puisqu'ils permettent de déposer les graines à la même profondeur dans toute l'étendue du champ, malgré les inégalités du sol. L'expérience a montré qu'il fallait y revenir, et tous les constructeurs sérieux présentent des outils plus ou moins dérivés de ceux de Smyth.

Toutefois, dans le but de fournir un semoir pour la petite culture, celui-ci, naturellement suivi par ses imitateurs, produit un petit semoir à six rangs où l'avant-train est remplacé par une roue unique qui doit être dirigée par le semeur placé derrière l'appareil. Il est impossible que cette disposition donne de bons résultats, car l'ouvrier est trop occupé de surveiller la marche de son engin pour pouvoir en même temps assurer la marche rectiligne des roues. On perd ainsi l'avantage des semis réguliers.

L'emploi de plus en plus considérable des engrais chimiques multiplie l'usage des distributeurs d'engrais dont on rencontrait sur le terrain des systèmes très divers en usage, mais ne donnant

tous que des résultats peu précis, lorsqu'il s'agit de faibles quantités à l'hectare.

Un des systèmes les plus adopté est le hérisson ; l'engrais y est versé dans une caisse dont le fond, en se soulevant, l'amène au bord supérieur où un arbre, muni de petits bras et mis en mouvement par des engrenages en relation avec les roues qui supportent l'appareil, le fait tomber en nappe plus ou moins continue. C'est une disposition très simple, mais qui a le grand défaut de faire commencer la chute de la matière fertilisante à un point beaucoup trop élevé au-dessus du sol, de telle sorte que le moindre vent saisit la nappe, la fait tourbillonner et ne la laisse se déposer que d'une manière très inégale. Un constructeur de Seine-et-Marne, M. Boisrenoult, a pourvu à ces inconvénients. Le fond de la caisse, au lieu de s'élever verticalement, se transporte horizontalement ; à cet effet il est composé d'une série de lattes tendues, à l'aide de crémones sans fin, sur deux rouleaux ; une fente réglée par une vanne d'ouverture variable et régnant sur toute la longueur de la caisse donne passage à l'engrais qui est saisi par le hérisson et projeté à une faible hauteur au-dessus de terre. Le mouvement du fond mobile est commandé par un engrenage hélicoïde actionnant le pignon d'un des rouleaux ; l'engrenage hélicoïde peut avoir, selon les cas, un, deux ou trois filets. Avec la vis à 1 filet, chaque millimètre d'ouverture de la vanne correspond à un débit de 5 litres d'engrais à l'hectare ; cette quantité sera doublée ou triplée si on emploie les vis à 2 ou à 3 filets. Il est ainsi très facile de distribuer exactement tous les engrais.

Faucheuses et Moissonneuses. — Râteaux à cheval. Faneuses.

Dans cette revue rapide des particularités nouvelles du matériel agricole, nous ne pouvons que constater le très grand nombre de faucheuses et de moissonneuses exposées, sans qu'il y ait au fond aucune invention importante à signaler. Les grandes maisons américaines et anglaises continuent à apporter un contingent considérable d'appareils bien étudiés en vue de la récolte des fourrages et de celle des céréales ; de leur côté, les constructeurs français qui, au moment de l'apparition de ces engins, montraient une infériorité réelle, ont vivement rattrapé le temps perdu ; leurs faucheuses et leurs moissonneuses valent celles venues de l'autre côté des mers ; l'auteur de ce rapport a conservé comme

un des meilleurs jours de sa vie scientifique celui où il a pu, comme juré, décerner le 1er prix à une machine combinée système Johnston, construite par Albaret, battant la machine américaine du même système.

Les râteaux à cheval établis en France soutiennent hardiment la lutte avec la fabrication étrangère. Cet instrument rend d'immenses services, et toutes les fermes en sont à peu près munies ; il n'en est pas de même des faneuses, contre lesquelles existent des préventions que rien ne justifie.

La moissonneuse-lieuse, elle aussi, a été saluée à son arrivée par une répulsion à peu près unanime, même chez les agronomes les plus avancés dans la voie du progrès. On croyait son emploi incompatible avec l'humidité des récoltes de nos pays, on était effrayé de l'apparente complication du mécanisme lieur et du volume considérable de l'ensemble de l'appareil. Aucune de ces prédictions pessimistes ne s'est réalisée ; la moissonneuse-lieuse est entrée dans la pratique courante de nos contrées et les recherches des constructeurs ont amené d'heureuses améliorations ; le poids total a été considérablement diminué, le bâtis d'acier a été substitué au lourd bâtis de bois, la roue motrice métallique a remplacé la roue mixte d'origine qui était lourde et peu résistante, enfin l'élévateur a eu ses dimensions très diminuées et on cherche à le supprimer. Là est l'avenir; nous sommes persuadés qu'avant peu nous verrons nos gerbes liées par des moissonneuses sans élévateur et menées sans peine par deux chevaux.

Machines à battre.

Si les locomobiles se rencontraient sur tous les points de l'Exposition, on peut en dire autant des machines à battre; cet outil, indispensable dans toute exploitation qui veut être fructueuse, a subi la loi du perfectionnement et de l'adaptation à chaque nature de grain, il faut ajouter de la spécialisation à chaque contrée.

Le plus grand nombre des batteuses exposées conviennent aux grandes exploitations du Nord, de la Beauce, de la Brie et des pays placés dans des circonstances analogues ; elles ménagent la paille qu'elles battent en travers et rendent le blé nettoyé pour le marché. Des dispositions particulières sont prises selon certaines convenances dans le détail desquelles il faudrait entrer dans une étude spéciale.

A côté des grandes machines, se trouvent les petites batteuses en bout, munies du batteur à pointes qui produit un dépiquage des plus énergiques; des appareils de nettoyage plus ou moins complets les accompagnent.

L'augmentation constante de la surface consacrée aux prairies artificielles a fait établir des machines spéciales pour le battage des petites graines et des machines mixtes servant alternativement aux céréales et aux petites graines.

Culture de la vigne.

Le matériel nécessaire pour la culture de la vigne se compose de toute une série d'instruments variés dont, il y a une trentaine d'années, on ne soupçonnait pas la nécessité.

Auparavant, il était très rudimentaire et on ne pouvait guère citer que les charrues vigneronnes auxquelles on préférait souvent la bêche; maintenant, la charrue est d'un usage universel.

Les diverses maladies qui sont venues fondre successivement sur le vignoble français ont amené l'établissement d'une foule d'appareils insecticides. Il faut citer les pals injecteurs, les charrues sulfureuses pour combattre le phylloxera vastatrix; les pulvérisateurs pour projeter les liquides destructeurs du mildew, qui ont été l'objet d'une communication de notre distingué collègue, M. Carabon.

Avec l'introduction des plants américains portant des greffes de cépages français, il faut se servir des machines à greffer.

Tout ce matériel est complété par les appareils à defoncer, dont il a été question précédemment.

Fabrication des boissons.

Les fouloirs et les pressoirs pour la fabrication du vin étaient représentés aux Champs-Élysées par de nombreux types, tous plus ou moins dérivés de celui imaginé il y a environ vingt ans par MM. Mabille frères, et qui sont d'un emploi universel. De ce côté, il n'y a guère d'innovation à signaler.

Il n'en est pas de même des systèmes dits *continus* et ayant pour but d'extraire le jus soit du marc, soit de la vendange, sans interruption et sans les arrêts ordinaires dus au chargement et au déchargement. La matière à soumettre à l'action de la machine y est versée à une extrémité dans une trémie, et en sort exprimée

à l'autre bout, plus ou moins desséchée, selon que l'opération a été plus ou moins complète et que le travail a été plus ou moins bien fait. Ces appareils sont très précieux, parce qu'ils effectuent très rapidement le travail d'une masse énorme de vendange comme on en a maintenant dans le Midi et en Algérie, et aussi parce qu'ils séparent de suite les parties molles du raisin de leur enveloppe, des pépins et des grappes; la matière colorante reste ainsi dans le marc, de sorte qu'avec des raisins rouges on obtient des vins blancs très recherchés par la consommation.

Il faut regretter que les constructeurs du Midi n'aient pas envoyé leurs appareils, qu'il eût été plus qu'intéressant de pouvoir comparer; en revanche, la foule s'arrêtait, curieuse et animée, devant le *fouloir-pressoir continu* exposé par M. Ch. Debonno, constructeur à Boufarick ; c'est la première fois, croyons-nous, qu'un mécanicien d'Algérie soumet sa fabrication au public parisien.

Cet appareil occupe un rectangle de 2 *m* de long sur 1 *m* de large; sa hauteur dans la partie la plus élevée est d'environ 1,50 *m*. Le raisin est reçu par une trémie qui le livre immédiatement à deux cylindres cannelés qui forment le fouloir ; de là il passe dans une coquille perforée dont les trous donnent issue au liquide produit par le foulage. Les produits solides sont entrainés par une vis d'Archimède à arc horizontal dans un manchon également perforé dont la section est diminuée à l'extrémité et dont l'ouverture est réglée par un contrepoids. La résistance ainsi produite à l'écoulement du marc produit seule la compression qui s'opère par l'arrivée du nouveau marc qui se serre contre les spires de l'hélice. Le jus extrait s'échappe par les trous du manchon, il est recueilli dans un bac placé à la partie inférieure de l'appareil. Ce bac peut être divisé en compartiments pour séparer les jus provenant des pressions différentes et formant ainsi des vins de qualités diverses. Le serrage est tel que le marc sort sous la forme d'une sorte de tourteau sec et dur. On peut ainsi traiter 7 000 *kg* de raisin à l'heure en se servant comme moteur d'une locomobile de 4 *chx*. Le fouloir-pressoir Debonno est donc en ce moment un instrument de grande culture ; il est probable qu'il sera possible d'en établir des modèles moins importants exigeant une force motrice plus faible. Tel qu'il est, il a déjà rendu de grands services à la viticulture de l'Algérie; trois ouvriers font le travail qui, précédemment, en exigeait environ quarante; dans nos départements africains, où la main-d'œuvre est très difficile à trouver et très chère, c'est un immense

progrès permettant la fabrication du vin là où elle aurait été impossible sans cette réduction du nombre de bras employés.

Les appareils pour la fabrication du cidre ont reçu de grands perfectionnements, portant autant sur les broyeurs que sur les pressoirs, où on voit aussi apparaître la presse continue.

Le moulin à pommes de M. Ollagnier, constructeur à Tours, a pour but, non de concasser les fruits, mais de les broyer, de les réduire en une sorte de pulpe ; on obtient ainsi de plus grands rendements, et une disposition particulière évite les accidents de toute nature qui peuvent résulter de la présence d'une pierre au milieu des pommes. Dans ce double but, les fruits, après avoir été jetés dans la trémie, sont soumis à l'action de palettes installées dans les mortaises pratiquées dans un cylindre plein métallique qui tourne à l'intérieur d'une enveloppe également cylindrique, mais excentrée par rapport au tambour mobile ; cette capacité porte à sa partie supérieure une large ouverture qui fait le fond de la trémie. Les palettes sont, de plus, commandées par une came en cœur retenue par un contrepoids extérieur, de sorte que leurs extrémités décrivent un cercle excentrique par rapport au tambour et que les cavités comprises entre deux palettes, la surface du tambour ou cylindre mobile, engendrent des volumes variables. On voit donc que les fruits subissent une sorte de laminage qui les réduit en une pulpe très fine, reçue dans un récipient disposé sous le broyeur ; de plus, si un corps dur ou à peu près incompressible, comme une pierre ou un morceau de bois, se trouve mêlé aux pommes, la palette entraîne la came en soulevant le contrepoids, et l'objet intercalé sort sans difficulté.

Les grands modèles de cet appareil doivent être actionnés par des locomobiles ou des manèges ; le plus petit travaille encore 500 kil. de pommes par heure et marche à bras sans recourir à l'emploi d'engrenages.

Le pressoir continu de MM. Simon et fils, de Cherbourg, a pour objet, comme les pressoirs continus à raisin, de supprimer l'arrêt dû au chargement et au déchargement de l'appareil.

L'ensemble du système est porté par un solide bâti quadrangulaire ; les pommes sont versées dans une trémie qui les dépose dans une sorte de couloir cylindrique, formé par une toile sans fin passant sur deux rouleaux que l'on écarte plus ou moins selon que l'on veut obtenir une tension plus ou moins forte ; la partie supérieure est occupée par le rouleau compresseur disposé excentriquement, il en résulte que les pommes, étant entraînées par le

mouvement de la toile sans fin, les fruits parcourent un espace de plus en plus étroit; la pression est tellement énergique que le marc parvenu à la sortie est complètement desséché. Les joues des couloirs sont formées par des toiles métalliques à travers lesquelles filtre le cidre qui tombe dans un canal qui le conduit au dehors sur le côté; ce canal reçoit aussi le jus qui est au-dessous de la toile métallique en mouvement. On le voit, il y a pression verticale et écoulement horizontal du liquide. En première pression, on a un rendement de 65 à 72 0/0.

Plantoirs de pommes de terre. — Arracheurs de racines.

L'extension toujours croissante des surfaces cultivées en pommes de terre en vue de la féculerie nécessite l'emploi d'un matériel perfectionné pour la mise en place et la récolte de ces précieux tubercules. Il y a à signaler deux systèmes de plantoirs de pommes de terre, la machine Aspinwall à deux roues, présentée par M. Pilter, et la machine à avant-train de MM. Amiot et Bariat. Dans l'une comme dans l'autre, les tubercules sont saisis par un organe (griffes ou pinces à ressorts) et déposés dans le fond d'une raie ouverte par un soc en forme de buttoir; l'appareil est muni à son arrière d'un versoir qui referme le sillon sur la pomme de terre abandonnée par la partie antérieure de la machine. Ces dispositions sont ingénieuses quoique un peu compliquées; il reste à savoir si les tubercules ne seront pas blessés de manière à nuire à leur végétation.

L'arrachage des pommes de terre est un problème des plus difficiles; cela tient à ce que les touffes sont de grosseur inégale, que par conséquent on n'arrive pas toujours à les extraire sans meurtrissures et à les débarrasser complètement de la terre qui est retenue dans les intervalles qui séparent les tubercules provenant d'un même pied.

L'arracheuse de M. Bajac se compose d'un avant-train articulé supportant un âge en acier à la partie postérieure duquel se trouve assujettie la tige soutenant une surface conique à dents mobiles soulevées par des galets tournants; celle de MM. Amiot et Bariat est aussi à avant-train; le suivant est arqué pour éviter l'engorgement dû aux radicelles ou aux feuilles mortes; la partie travaillante est formée d'un avant-corps sur lequel sont montées deux grilles en fer forgé qui ont pour objet de ramener les pommes de

terre à la surface, après les avoir débarrassées de la terre qui les enveloppait.

Les arracheuses de betteraves sont arrivées à un degré de perfection plus grand que celles de pommes de terre. On peut dire qu'elles donnent la solution complète du problème. La rapidité avec laquelle elles permettent d'effectuer la récolte de la précieuse racine est nécessaire si l'on tient compte de la vaste superficie qu'elle occupe dans les régions sucrières, de l'état de l'atmosphère au moment où il faut enlever les betteraves et enfin des nombreux travaux qui absorbent le personnel de l'exploitation précisément au moment de l'arrachage. Il faut ajouter que plus on avance en saison, plus la richesse saccharine des racines diminue, et plus la préparation des terres pour le blé qui doit remplacer la betterave devient difficile. Il y a donc à tous points de vue nécessité d'opérer vivement.

Aussi cherche-t-on depuis longtemps à remplacer la fourche par un outil traîné par un cheval, mais les essais divers n'avaient pas réussi pour diverses causes. La betterave était blessée par l'appareil, un certain nombre de racines étaient laissées de côté sans être arrachées, enfin les feuilles mortes et les herbes traînantes venaient former un bourrage tel que tout fonctionnement devenait impossible.

Ces difficultés n'ont pas rebuté les constructeurs qui sont parvenus à établir des instruments donnant toute satisfaction. Le type adopté a des traits généraux identiques. Il comporte un avant-train articulé, un suivant en acier et une fourche à laquelle sont adaptés les couteaux arracheurs ; ceux-ci ont la forme de deux coutres arqués et sont munis à leur partie inférieure de deux socs ou doigts de la fourche qui font l'extraction. Après le passage des couteaux, la betterave retombe dans son trou, ce qui procure l'avantage de pouvoir, s'il y a lieu, attendre plusieurs jours avant de la ramasser, sans craindre la moindre perte par suite des pluies ou des gelées.

Certains détails caractérisent les divers arracheurs. M. Bajac opère directement la traction sur le bâti en raidissant les deux coutres verticaux à l'aide de tiges munies de tendeurs filetés ; chez MM. Amiot et Bariat, la traction est exercée sur les couteaux mêmes à l'aide de deux tiges qui les embrassent par des colliers et se rejoignent en un anneau d'où part la tige de traction. Il faut en outre signaler que chez ces constructeurs les pointes des socs sont mobiles de façon à pouvoir les approprier, soit aux terrains

durs, soit aux terrains légers dans lesquels elles sont appelées à fonctionner. Un autre avantage est offert par cette disposition ; c'est de pouvoir avoir toujours des pointes très effilées, ce qui réduit notablement le travail de la traction.

Outre ces différences, l'arracheur Amiot et Bariat a ses roues d'avant-train munies de disques tranchants en acier ; ces disques se trouvent dans le même plan que les couteaux arqués de l'appareil extracteur ; ils coupent le sol à une profondeur de 5 à 6 *cm*, et en même temps les feuilles mortes, les mauvaises herbes ; il n'y a donc pas de bourrage possible. Il est facile de s'apercevoir qu'ils fraient la voie des couteaux.

Les mêmes mécaniciens présentent un autre arracheur mécanique tout à fait différent. La racine y est enlevée hors du sol par une fourche dont le mouvement est dû au choc de la betterave contre des griffes spéciales ; une fois arrachée, la betterave est décolletée automatiquement par un couteau à mouvement horizontal. Ce très ingénieux appareil n'a encore été essayé que par ses inventeurs ; la prochaine campagne montrera quelle peut être sa valeur pratique.

Appareils de laiterie.

La préparation mécanique des beurres et des fromages se propage dans l'Agriculture française, qui l'ignorait il y a bien peu de temps. Les appareils exposés rentrent dans les systèmes connus. Il y a encore peu d'années, ils étaient tous de fabrication suédoise ou allemande ; les constructeurs étrangers rencontrent maintenant dans notre pays des concurrents très sérieux, au premier rang desquels il faut mettre notre collègue M. Hignette.

On voit aussi se multiplier les appareils de *pasteurisation* du lait dont le nom a été imaginé par des étrangers qui ont ainsi consacré une fois de plus la gloire de notre illustre Pasteur, que l'on rencontre sur toute l'étendue de la science agronomique.

Préparation mécanique de la nourriture du bétail.

Le temps n'est pas encore bien éloigné où les matières diverses qui entrent dans l'alimentation des animaux leur étaient fournies, telles que la nature nous les livre sans aucune préparation préalable. Les précieux travaux des chimistes et des biologistes du

siècle ont montré qu'il y avait un grand avantage à hacher la paille et les fourrages, à couper les racines préalablement lavées, à broyer et à concasser les graines, etc. De là une longue série d'appareils d'intérieur qui, tous ou presque tous, se trouvaient représentés aux Champs-Elysées; nous ne les énumérerons pas, ils sont tous bien connus et nous n'avons qu'à constater le soin généralement apporté à leur construction.

Il suffira de parler de deux instruments dont l'un est simplement perfectionné, c'est le broyeur d'ajoncs ; l'autre est tout à fait nouveau, c'est le broyeur de sarments.

On sait que l'ajonc marin ou *ulex europeus* pousse spontanément dans les landes de Bretagne, en Irlande, dans les parties montagneuses du pays de Galles et dans d'autres régions où il ne fait pas trop froid l'hiver. Les animaux en broutent avidement les jeunes pousses ; leur instinct ne les trompe pas, des analyses répétées ont montré que sous le rapport nutritif il équivaut au trèfle ou à la luzerne. Aussi se met-on, dans les contrées où il prospère, à le cultiver régulièrement : il y est d'une ressource bien précieuse pendant l'hiver et au printemps, où il fournit au bétail cette nourriture verte dont il est si friand et qui contribue d'une manière si efficace à son développement et à son entretien.

Ce fourrage est malheureusement hérissé d'épines qui peuvent blesser la bouche des animaux, et de plus il durcit promptement; on est donc conduit à lui faire subir une préparation préliminaire avant de le distribuer dans la ration alimentaire. Pendant longtemps, en Bretagne, on le broyait sous une meule, ou on le frappait avec des maillets dans une auge, de façon à écraser les parties ligneuses et surtout à briser les épines. Cette opération faite à bras est très longue, très laborieuse et très pénible ; elle a été longtemps le principal obstacle à la culture de l'ajonc comme plante fourragère.

On a cherché pendant longtemps une machine convenable; de nombreuses ont été essayées qui n'ont pas donné de satisfaction ; aujourd'hui les constructeurs de la région bretonne, MM. Savary, Tanvier et Garnier, établissent des appareils qui font passer l'ajonc entre des cylindres broyeurs ; les tiges sont coupées par un système de couteaux hélicoïdaux. Cette préparation fournit une matière verte et pâteuse où les brindilles et les pointes sont réduites à l'état d'une bouillie savoureuse, dont les animaux sont très friands. Le modèle à préférer est celui où les cylindres alimentaires qui ont amené les branchages sous les couteaux, sont com-

plétés après le hachage par une paire de rouleaux très rapprochés qui achèvent l'écrasement de la partie verte.

La maison Albaret (aujourd'hui dirigée par la veuve de notre regretté collègue et son gendre, M. Lefèvre) a exposé un instrument tout nouveau dans la pratique agricole. Il sert à utiliser pour la nourriture du bétail les sarments dont on ne pouvait tirer qu'un parti très médiocre. La machine est surmontée à sa partie supérieure par une trémie où on jette les sarments, qui de là passent successivement entre trois paires de cylindres : la première sert à saisir les branches et à les bien disposer, la seconde défibre la tige ; ses cylindres ont tous deux un mouvement de rotation et sont cannelés suivant des cercles perpendiculaires à leur axe, en outre l'un d'eux reçoit un second mouvement rectiligne alternatif ; enfin la troisième et dernière paire est également cannelée, mais dans le sens des génératrices ; elle est de plus munie d'une lame qui coupe les tiges à une longueur de 0,60 *m*. Cet appareil tout nouveau est appelé à rendre de grands services dans les vignobles.

Quant aux petits moulins agricoles, ils se multiplient sans que la question de leur emploi utile avance beaucoup. Les constatations les plus précises montrent qu'en s'en servant pour transformer le grain en farine on dépense une quantité énorme de travail mécanique hors de proportion avec les résultats obtenus. Peut-être, comme cela résulte d'essais communiqués par M. Caquet à la section de Génie rural de la Société des Agriculteurs de France, trouvera-t-on avantage à employer les petits moulins pour le concassage de l'orge et de l'avoine mélangées.

Une erreur assez répandue consiste à croire que les différentes triturations que l'on fait subir à la nourriture du bétail ont pour but unique de faciliter la mastication et par suite, l'assimilation des aliments par l'appareil digestif des animaux. Sans doute, les opérations par lesquelles on fait passer les rations amènent ce résultat qui n'est pas à dédaigner ; mais ce que l'on obtient surtout c'est l'utilisation de certaines substances nutritives quoique peu attrayantes que les animaux n'accepteraient pas dans leur état naturel. En mélangeant intimement toutes les parties de la ration, le choix est impossible pour eux, tandis que si on les nourrit purement et simplement, en disposant les aliments dans le râtelier, ils saisissent les matières qui flattent leur goût et rejettent les autres dans la litière. C'est ainsi que l'on peut mélanger avec le foin la balle du blé qui est un excellent aliment beaucoup trop négligé jus-

quici, que les foins de qualité inférieure se consomment en même temps que ceux de qualité supérieure, etc. Du reste, incontestablement, la préparation mécanique de la nourriture rend la digestion et l'assimilation plus faciles et plus complètes, tout en réduisant les frais d'entretien et d'engraissement.

Appareils de transport.

Les transports ont une grande importance dans les dépenses d'une exploitation agricole ; leur bonne ou leur mauvaise organisation peut rendre la même ferme fructueuse ou onéreuse ; il y a donc lieu d'attacher son attention sur les véhicules à l'aide desquels on les effectue. Pendant très longtemps on n'a porté aucune attention à leur construction ; on s'est contenté de faire reproduire par les charrons les anciens types de pays, lourds, difficiles à manœuvrer et établis contrairement à toutes les règles de la mécanique. Des améliorations réelles ont été apportées à ce fâcheux état de choses ; néanmoins il y a encore beaucoup à faire ; il faudrait apporter plus d'uniformité dans l'ensemble des équipages, dans la série des essieux, dans celle des roues, de façon à pouvoir les changer à l'aide de roues de réserve ; enfin on pourrait très heureusement s'inspirer de ce qui a été fait pour les véhicules de l'artillerie et du train de l'armée, sous la direction du général baron Berge ; tout ce matériel est destiné, comme celui de l'agriculture, à circuler soit en plein champ, soit sur des chemins à l'état de sol naturel. Il est établi économiquement et solidement.

Quoi qu'il en soit de ces réserves et de ces indications, il faut signaler de sérieux progrès dans la construction des roues. On peut citer celles de M. Champenois-Rambaud, de Cousances-aux-Forges, et celles de M. Chambard, d'Auxerre.

Le premier de ces constructeurs emploie des moyeux en fonte, dans lesquels les rais en acier sont implantés en les plaçant dans le moule avant la coulée. Les rais, renforcés à leur base, ont une section ovale ; la partie aplatie, renfermée dans le moyeu, est percée d'un trou qui permet, au moment de la coulée, à la fonte de s'y introduire et d'obtenir ainsi une solidarité complète. L'autre extrémité du rais est rivée sur un cercle de fer en U, sur lequel on applique des jantes en bois injecté ; celles-ci sont disposées comme dans les roues ordinaires et enveloppées d'un ban-

dage ordinaire appliqué à chaud. On a donc une jante très élastique et bien protégée par une double ferrure.

Le même constructeur, à côté de ces roues mixtes, fer et bois, expose une série de roues entièrement métalliques qui sont peut-être les roues de l'avenir; elles ont, comme les poulies en tôle, l'avantage de la légèreté et de la solidité.

Les roues de M. Chambard ont des moyeux et des rais en bois; elles se distinguent des roues ordinaires par deux colliers en fer placés sur le moyeu et embrassant les rais sur les deux faces intérieure et extérieure de la roue; ces colliers sont reliés entre eux par des boulons que l'on serre de façon à ne jamais laisser de jeu. Par cette disposition bien connue en Angleterre, les rais sont solidaires du moyeu; ils sont entretoisés entre eux, de sorte qu'ils se soutiennent mutuellement en travaillant soit dans les efforts verticaux, soit dans les efforts latéraux. On peut, si on veut faire du luxe, remplacer les colliers de fer par des colliers de bronze.

Une amélioration considérable dans l'attelage des bêtes de trait aux véhicules de toute nature, y compris les instruments de culture, consiste dans l'emploi de l'*amortisseur de traction* de MM. Amiot et Bariat. Cet appareil se compose de deux chapes de fer munies de crochets d'attelage; ces chapes sont croisées à angle droit, et dans la cage ainsi formée se trouve un fort ressort à boudin d'une trempe très régulière, qui est comprimé aussitôt qu'une traction est exercée sur les crochets. L'emploi de ce petit appareil préserve les instruments des chocs résultant de la présence des pierres, racines, etc., avec traction ordinaire; il emmagasine la force motrice et diminue considérablement la fatigue des attelages.

Il faut ajouter que le bras d'une des chapes porte une graduation qui transforme l'amortisseur en une sorte de petit dynamomètre qui permet au cultivateur de se rendre compte à chaque instant de l'effort de traction exercé par les animaux. On aura ainsi sans difficulté aucune la mesure du travail mécanique exigé par tous les instruments de la ferme.

Cette rapide revue des perfectionnements dans les transports agricoles ne peut se terminer sans une mention des petits chemins de fer agricoles, dont l'idée première, due à M. Corbin, a été réalisée et développée par M. Decauville. On voyait des spécimens de voies et de leurs accessoires, ainsi que des wagons appropriés à tous les usages agricoles exposés par la Société des Établissements Decauville, MM. Guitton, Paupier, etc. Il est inu-

tile d'insister sur la véritable révolution causée par l'introduction de ces utiles engins dans les exploitations agricoles et sur les chantiers de travaux publics.

Machines hydrauliques.

L'agriculture emploie presque toutes les machines usitées pour le maniement des liquides : pompes diverses, chaînes à godets et à chapelets, pulsomètres, etc. Rien de nouveau, ce nous semble, n'a été présenté à l'Exposition des Champs-Elysées par les maisons anciennes et bien connues : Beaume, Broquet, Noel, etc., ainsi que pour les pompes centrifuges si utiles pour les irrigations et la submersion du phylloxera.

Une mention spéciale doit être donnée au moulin *l'Éclipse*, de M. Beaume, qui est connu depuis un certain nombre d'années, mais qui a été l'objet de perfectionnements constants. Tel qu'il se présente, il fournit l'utilisation complète de la force du vent; il est sensible aux petits courants d'air; il résiste aux vents violents et s'oriente automatiquement; de plus, une régulation automatique assure à la roue motrice une *vitesse maxima* qui ne peut être dépassée. Le résultat est obtenu à l'aide d'un mécanisme très simple composé des pièces suivantes : 1° une roue motrice de forme circulaire et composée d'une série de lames en bois disposées suivant le rayon du cercle de la roue et allant en s'élargissant du centre à la circonférence; elles sont, en outre, disposées un peu obliquement, comme des lames de persiennes; vue de face, la roue paraît à peu près pleine; 2° d'une pièce appelée « bras », qui supporte la roue; 3° d'un plateau d'excentrique qui, à l'aide d'une bielle, transmet le mouvement à la pompe qu'il vient d'actionner; 4° d'une girouette d'orientation dite « gouvernail », qui se trouve derrière la roue et change automatiquement son orientation au plus petit vent; 5° d'une pièce supportant le mécanisme, fixée sur un tube en fer creux, traversant un manchon et pouvant tourner en tous sens; 6° d'une aile latérale régulatrice qui, dépassant toujours la roue du moulin, reçoit également le choc du vent et oblige la roue à s'obliquer et quelquefois même à se placer dans le même plan que le gouvernail; à ce moment, la roue est presque soustraite à l'action du vent qu'elle ne reçoit que sur sa tranche; 7° enfin, deux secteurs dentés, sur lesquels est fixé le levier de désorientation et son contre-

poids, qui a pour but de ramener la roue dans sa première position, lorsque le vent souffle avec moins de violence.

Avec ces dispositions, lorsque le vent n'a qu'une vitesse modérée, il vient frapper la roue normalement à sa surface; dès que la vitesse augmente, la roue se place obliquement; s'il souffle en tempête, elle s'efface complètement; s'il vient à faiblir, elle est ramenée en position favorable par le contrepoids. L'utilité de la girouette d'orientation est donc d'amener toujours la roue au vent, tandis que l'aile latérale a pour fonction, à l'aide des secteurs dentés du contrepoids, de donner au plan de la roue une inclinaison convenable.

On a ainsi, dans les plaines arides, le moyen de doter les fermes de toute la quantité d'eau nécessaire pour abreuver les bestiaux, satisfaire à toutes les nécessités de la ferme et même irriguer les potagers et les herbages adjacents.

CONCLUSIONS

Il y a encore peu d'années, la construction et la vente des machines agricoles étaient en quelque sorte monopolisées par un petit nombre d'établissements dont les plus importants se trouvaient à Paris; il était donc nécessaire, pour se les procurer, de faire des voyages souvent dispendieux, et, en cas d'accident, de rupture d'une partie de l'appareil, les travaux des champs étaient suspendus par un chômage plus ou moins long; les réparations étaient difficiles et coûteuses. Il n'en est plus de même aujourd'hui; de nombreux et sérieux ateliers de mécanique sont répartis sur tout le territoire et chacun peut trouver à sa portée tout l'outillage agricole dont il peut avoir besoin. Tout en applaudissant à cet heureux résultat, nous ne pensons pas que le nombre des ateliers de construction proprement dits doive se multiplier indéfiniment; en effet, pour arriver à produire des machines bien exécutées et d'un prix raisonnable, il faut de grandes usines bien outillées, des études prolongées de chaque type, et mettre en même temps en fabrication un grand nombre d'exemplaires d'un modèle déterminé; c'est ainsi que les mécaniciens américains et anglais sont parvenus à établir d'excellents instruments vendus très bon marché. Nos constructeurs-mécaniciens ne leur sont inférieurs en rien; ils ont reçu, c'est presque inutile à le dire à la Société des Ingénieurs civils, une excellente éducation prépara-

ture, soit dans nos Écoles d'Arts et Métiers, soit à l'Ecole centrale, soit dans les grandes Écoles de l'État; ils sont donc dignes de leur situation. Nos fabriques françaises peuvent donc soutenir la lutte avec toutes les chances de succès.

Nos instruments, au point de vue du bon fonctionnement, valent ceux construits à l'étranger; pendant un certain nombre d'années, il y a eu infériorité pour les faucheuses et les moissonneuses, mais aujourd'hui, comme il a été dit plus haut, nos faucheuses et nos moissonneuses valent celles de l'étranger; les charrues et tous les instruments qui servent à la culture du sol ont une supériorité reconnue par tout le monde; ces engins donnent lieu à un mouvement d'exportation considérable, surtout vers l'Amérique du Sud où ils font une concurrence redoutable aux instruments fabriqués aux États-Unis; les batteuses et les locomobiles soutiennent honorablement le pavillon de notre pays; restent les appareils de laiterie, d'abord fournis presque exclusivement par la Suède et l'Allemagne et que nos fabricants établissent actuellement dans les meilleures conditions.

Tous ces faits doivent encourager les mécaniciens; ils ont devant eux un champ illimité à peine ouvert à l'exploitation. Nos fermes possèdent à peine le dixième de l'outillage agricole qui leur serait nécessaire pour être cultivées selon les exigences de la science moderne. La fabrication du matériel agricole représente donc une immense industrie destinée à prendre tous les jours de l'extension, et il faut applaudir à la création des ateliers de construction qui s'établissent dans de bonnes conditions, avec l'ampleur et les capitaux nécessaires.

Au contraire, il faut considérer comme un danger véritable et une voie funeste celle où s'engageraient les petites usines rurales si elles voulaient leurs types à elles et construire au lieu de se contenter de réparer. Si le maréchal de village écoutait une ambition mal justifiée, en se faisant fabricant de machines, il ne rencontrerait que la ruine et l'insuccès, tandis que si, fort de son intelligence et de son habileté professionnelle, il transforme sa forge en atelier de réparation et d'entretien des outils aratoires, il se cantonne dans son véritable rôle, il est assuré d'y rencontrer honneur et profit.

DISCOURS

PRONONCÉ AUX

OBSÈQUES DE M. CHARLES ARMENGAUD JEUNE [1]

LE 15 AVRIL 1893

PAR

M. D.-A. CASALONGA

ANCIEN PRÉSIDENT, DÉLÉGUÉ DU SYNDICAT DES INGÉNIEURS-CONSEILS

MESDAMES, MESSIEURS,

Celui qui vient de s'éteindre, après une existence de quatre-vingts ans, fut vraiment, entre tous, l'homme « utile » qu'il s'était proposé d'être; et il mérita, par le grand labeur et la dignité de sa longue vie, les hommages que nous venons exprimer aujourd'hui sur sa tombe.

Ainsi que son frère Jacques, qui, au même âge, l'a précédé dans la mort, comme il l'avait précédé, du même temps, dans la vie, Charles Armengaud aura une place, une figure à part, dans les grandes annales de l'industrie.

Il y a juste un peu plus de deux ans que, devant cette même tombe ouverte, j'apportai le tribut de nos pieux regrets à la mémoire de Jacques Armengaud aîné, au nom de la *Société des Anciens Élèves des Écoles nationales d'Arts et Métiers* et du *Syndicat des Ingénieurs-Conseils*, dont M. Eugène Armengaud aîné, son fils, est actuellement le président.

Et si j'évoque ce nom, au risque de raviver de trop récentes douleurs, c'est que les deux Armengaud, toujours affectueusement unis par les liens du sang, furent presque toujours inséparables dans leurs travaux professionnels, dirigeant sans cesse les mêmes efforts, tantôt ensemble, tantôt séparément, vers l'accomplissement d'une même tâche utile; c'est qu'enfin, par une coïncidence bien faite pour flatter et alarmer à la fois notre fierté, ces deux noms appartiennent intimement, et tout à la fois, aux Ecoles d'Arts et Métiers, auxquelles ils ont donné leur part d'illustration, et à ce *Syndicat des Ingénieurs-Conseils*, où ils occupaient la place la plus haute et la plus considérée.

Comme son frère, comme Albert Cahen, son élève et plus tard son collaborateur, si prématurément enlevé à l'affection des siens et de ses

(1) M. Ch. Armengaud était membre de la Société des Ingénieurs civils depuis 1856.

collègues. Charles Armengaud jeune fut, en effet, un des meilleurs élèves de l'École des Arts et Métiers de Châlons, de laquelle il était sorti en 1833, le premier de sa promotion, ayant remporté tous les premiers prix et la première médaille.

Né le 29 juillet 1813 à Ostende, alors département français de la Lys, où son père, officier du génie, était en garnison, il avait donc alors vingt ans.

Ses débuts dans l'industrie eurent lieu à la filature d'Haguenau, en Alsace. Paris cependant l'attirait, en offrant un champ plus vaste à son activité débordante; il ne tarda pas à y rejoindre son frère Jacques, alors élève et collaborateur de Leblanc, professeur de *dessin industriel* au Conservatoire des Arts et Métiers. Mais l'élève s'était bientôt montré à la hauteur du maître; et quand celui-ci fut frappé par une mort soudaine, le jeune Charles Armengaud, dont l'initiative était la qualité dominante, fomentant, en faveur de son frère aîné, une adhésion unanime des constructeurs, lui fit attribuer la chaire devenue vacante.

C'est alors, et là, que furent exécutés les premiers dessins de divers appareils de l'industrie, notamment des appareils de filature, qui devaient servir de modèles aux élèves des Écoles des Arts et Métiers, pour construire les machines qui font partie de la collection du Conservatoire.

C'est aussi à ce moment, en 1836 à la naissance des chemins de fer, fomentée par les Pereire, les Perdonnet, les Flachat, que les deux frères, devinant le développement imminent de l'industrie et le rôle considérable réservé à la propriété industrielle, créèrent le premier cabinet d'Ingénieur-Conseil, pour l'étude et l'exécution des dessins de machines, tant pour les constructeurs que pour les inventeurs.

L'Angleterre fournissait exclusivement à la France son matériel de chemin de fer. Charles Armengaud obtient du ministre compétent l'autorisation de relever les dessins du matériel anglais, livré à la gare de Rouen; puis il en remet plusieurs expéditions aux principaux constructeurs, les mettant ainsi à même de s'affranchir du paiement d'un tribut énorme à l'étranger. Ces planches, avec un texte rédigé par son frère, constituent, par la suite, un ouvrage fort recherché, intitulé : *l'Industrie des chemins de fer*, qui rendit à cette industrie, alors à ses débuts, de grands services.

Par suite de son mariage avec Mlle Cartier, Jacques Armengaud se retira du cabinet qui devint la propriété exclusive de Charles, et il se livra à d'autres travaux; mais peu après, il fonda lui-même un autre cabinet; c'est ainsi que les deux Armengaud travaillèrent concurremment et parallèlement à l'élaboration des études concernant les divers appareils de l'industrie, et à l'exécution des dessins exacts et détaillés de ces appareils.

Le « *Génie Industriel* », édité en commun, propageait les inventions contemporaines; et cette publication, pendant plus de vingt ans, porta heureusement à la connaissance des constructeurs et des manufacturiers les procédés et les appareils les plus récemment perfectionnés.

Une œuvre commune, avec la collaboration de M. Amouroux, fut encore le *Cours raisonné de dessin industriel*; mais l'*Ouvrier mécanicien*, le

Formulaire de l'Ingénieur, et le *Guide de l'Inventeur*, furent l'œuvre personnelle de Charles Armengaud jeune.

La révolution de 1848 trouve Charles Armengaud capitaine dans la garde nationale ; au plus fort de la tourmente, le jeune Ingénieur se montre l'homme prompt et résolu qu'il fut toujours, faisant bravement son devoir de citoyen.

Doué d'un esprit pratique et organisateur, il prend, comme membre du Conseil municipal de Neuilly, à un moment où le séjour des communes suburbaines était recherché des Parisiens, une part active à la transformation et au développement de cette ville, qui, de simple résidence royale, devint le centre populeux important que l'on connait.

On retrouve encore la marque de cet esprit administrateur dans une de nos stations les plus fréquentées du littoral normand, à Houlgate, dont l'une des rues porte son nom. C'est là que, pour réunir autour de lui, pendant la saison des vacances, tous ses enfants et petits-enfants, un peu séparés par les exigences de la vie, il avait construit devant les flots que la marée pousse et retire, une pittoresque et agréable villa, où il se plaisait à recevoir ses amis, avec cette affabilité de manières, cette sensibilité de cœur qui rehaussaient la distinction naturelle de sa nature bonne et dévouée.

Esprit clair, net et précis, d'une intelligence vive et prompte, Charles Armengaud voyait juste du premier coup d'œil ; il a toujours su tirer, des connaissances théoriques qu'il possédait, les déductions pratiques qui en découlent naturellement ; et ce n'est pas un des moindres services qu'il ait rendus aux inventeurs que de leur avoir souvent présenté des déductions sous une forme facilement saisissable, pour les guider plus sûrement dans leurs recherches, ou pour leur épargner les déceptions auxquelles ils sont souvent exposés par une science fausse ou mal appliquée.

Au courant de toutes les inventions dont son esprit investigateur pénétrait les combinaisons variées, il n'est pas d'industrie qui ne lui fût devenue familière. Son savoir technique, pourtant, n'était pas au-dessus de son savoir juridique. L'étude qu'il avait faite de la loi du 5 juillet 1844 sur les brevets d'invention lui en avait montré les lacunes et les imperfections. Aussitôt, il entreprend, dès 1849, une campagne pour la revision de cette loi ; et, au moyen d'une pétition que, sous le nom de « Vœu de l'Industrie », il adresse aux pouvoirs publics, il réunit en peu de jours plus de 1 000 signatures d'inventeurs, de notables commerçants et de manufacturiers.

Malgré son intervention au Congrès international de la propriété industrielle, en 1878 ; malgré le concours qu'il trouvait en son fils, tour à tour maire-adjoint de son arrondissement et membre du Conseil municipal de Paris, ce vœu il ne l'a pas vu se réaliser.

Mais il ne le perdit jamais de vue ; et lorsque notre syndicat d'études professionnelles fut constitué, il ne cessait, en nous témoignant sans cesse son intérêt, de nous communiquer ses vues sur cette question d'une si haute portée.

En 1891, lors de la célébration du centenaire de la loi française sur les brevets d'invention, comme membre honoraire et doyen du Syndicat

des Ingenieurs-Conseils, il s'adonna à cette manifestation reconnaissante, avec une ardeur toute juvénile. De sa place d'honneur, entre les représentants du ministre du Commerce et du ministre des Affaires étrangères, MM. Nicolas et Clavery, on le voit se lever pour rendre un hommage éclatant a la Révolution française et à l'Assemblée constituante qui avaient proclamé la liberté de la pensée, l'affranchissement du travail, et le droit de propriété des inventeurs sur leurs œuvres.

Personne ne s'étonna de cet hommage, car on savait que M. Ch. Armengaud avait associé, toute sa vie, aux doctrines chrétiennes de son enfance, le libéralisme le plus pur.

Malgré la pénétration et la promptitude de son esprit, malgré le sentiment que l'on devinait qu'il avait de sa valeur, Charles Armengaud était modeste dans ses manières, réservé dans ses actions. Homme de devoir et d'intérieur, élevé a la forte et rude école de la sobriété et du travail, il aimait, par-dessus tout, l'ordre dans la liberté.

Après un long et fructueux labeur, notre cher doyen se reposait entouré, chargé d'années et de considération, entouré de cœurs tendres et affectueux, heureux de voir continuer par son fils sa propre carrière; ses travaux couraient le monde; les fécondes semences, qu'avec son frère il avait confiées au sol industriel, avaient germé et déjà produit d'abondantes moissons. Aux diverses expositions ou ses travaux avaient paru, ils avaient été toujours remarqués et toujours le jury les avait récompensés, avec éloges.

Membre et ancien vice-président de la Société des anciens Elèves des Écoles nationales d'Arts et Métiers, dont son président actuel, M. Joubert, vous dira combien elle était fière des deux Armengaud; membre de la Société des Ingénieurs civils de France, de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale, de la Société des Amis des sciences, et d'autres encore, chevalier de l'ordre de Saint-Stanislas de Russie, Charles Armengaud jeune vit enfin couronner la suite de ses longs et utiles travaux par la croix de chevalier de la Légion d'honneur.

Les jours de tristesse vinrent cependant le visiter sur le tard! Ce fut, il y a trois ans, la perte de la chère compagne de sa vie, qui lui porta le premier coup, le plus rude. Puis ce fut, peu après, celle de son frère bien aimé, qu'il n'avait cessé d'entourer d'une respectueuse affection. Aussi, parfois, on décelait en lui comme un sentiment de mélancolie qui semblait voiler quelque douleur ou quelque amertume secrète. Pourtant, a la prestance de son port, a la hardiesse de son allure, a la vigueur physique qui rayonnait de ses yeux, sous l'octogénaire, l'homme robuste promettait encore de longs jours.

Mais alors survint un simple accident de voiture, dû certainement a une trop grande présomption de ses forces; et, malgré les soins les plus dévoués que lui prodiguèrent ses enfants et ses petits-enfants, tous accourus autour de lui, le dénouement fatal arriva; il y a deux jours, notre cher et vénéré doyen s'endormait sans souffrance, mourant a la manière du juste.

Que la paix soit donnée à son âme; et qu'un souvenir durable et reconnaissant s'attache à sa mémoire.

Les « deux Armengaud » sont morts!

Unis longtemps dans la vie, les voilà qui reposent ensemble, pour toujours, dans la même tombe.

Mais chacun d'eux revit; et pendant que nos regrets vont entourer de notre respect la mémoire des pères, notre sympathie va aux fils, nos confrères, nos collègues, nos amis qui, « obligés » par ce nom, devenu populaire, d'Armengaud, travaillent déjà à l'envi pour le défendre contre l'oubli.

Elle va plus particulièrement aujourd'hui à M. Jules Armengaud jeune, son fils et son successeur. Combien le père se montrait fier d'un tel fils, dont il se complaisait à rappeler les brillants succès de sa jeunesse studieuse. Et lui, quelle estime et quelle considération, faites de tendresse et de respect, quel culte passionné n'avait-il pas pour ce vénéré patriarche de sa famille qui, en le quittant, lui laisse, ainsi qu'à ses autres enfants, la suprême consolation d'un héritage de travail et d'honneur!

Cher doyen, au nom du Syndicat des Ingénieurs-Conseils, reçois, dans la tombe, avec notre dernier adieu, l'hommage respectueux que nous rendons à ta longue vie laborieuse et digne.

CHRONIQUE

N° 160

Sommaire. — La sécurité de la navigation maritime. — Hauteur des constructions aux États-Unis. — La navigation intérieure en Russie. — Une nouvelle locomotive anglaise. — Poids d'une foule par unité de surface. — La grande roue de l'Exposition de Chicago.

La sécurité de la navigation maritime. — Le monde maritime a été très ému, en Angleterre, par la disparition d'un grand navire à vapeur, survenue dans des circonstances ignorées jusqu'ici et qui resteront probablement toujours mystérieuses.

La Compagnie de navigation *White Star Line* possédait quatre cargo-boats, le *Tauric*, le *Nomadic*, le *Naronic* et le *Boric*, destinés spécialement au transport des bestiaux entre les États-Unis et l'Angleterre.

Le *Naronic*, un des plus grands de ces navires, était tout neuf; il avait été mis à l'eau en mai 1892 des chantiers Harland et Wolff, à Belfast. Il avait 143,30 *m* de longueur, 16,17 *m* de largeur, 11,13 *m* de creux et jaugeait 6000 *tx*; il était muni de deux hélices et de deux machines à triple expansion d'une puissance collective de 3000 *chx*. Il avait été construit pour recevoir 1050 têtes de bétail et avait été muni de tous les perfectionnements les plus récents, tant au point de vue de l'arrimage de la cargaison et de la facilité de l'embarquement qu'à celui de la sécurité proprement dite. On n'avait rien épargné comme dépenses d'établissement pour en faire un navire de première classe pour le service auquel il était destiné.

Le *Naronic* partit, à la fin de février dernier, de Liverpool pour New-York, et on n'a plus eu de ses nouvelles depuis; il aurait dû arriver à destination en neuf ou dix jours. D'abord le retard ne causa pas de grandes inquiétudes, parce qu'il avait fait très mauvais temps sur l'Atlantique, les jours se passant, on supposa que le navire, désemparé de sa machine, avait pu dériver jusqu'aux Açores, groupe d'îles situées sous le même parallèle que New-York et à 2500 milles à l'est de cette ville; mais, des nouvelles reçues des Açores firent perdre tout espoir de ce côté. Enfin, au milieu de mars, on apprit qu'un navire, le *Newdry*, avait rencontré, le 4 du même mois, une embarcation flottant la quille en l'air, et quelques heures plus tard, un life-boat à moitié plein d'eau sur lequel on lisait le nom : *Naronic*. C'était par 46° de longitude O. et 42°27' de latitude N., soit à 1000 milles environ à l'ouest des Açores et à 1500 milles de New-York.

Il n'y avait plus aucun doute à avoir sur le sort du *Naronic*, qui était au fond de l'Océan; mais on pouvait espérer que le personnel présent, relativement peu nombreux, soixante hommes d'équipage et soixante-dix conducteurs de bestiaux, lequel aurait pu facilement se loger dans les deux life-boats du bord, aurait été recueilli par quelque navire, l'endroit

où les embarcations ont été rencontrées se trouvant sur ce qu'on appelle à juste titre la grande route de l'Atlantique. Il semble qu'il faille aujourd'hui renoncer à cet espoir.

Cette catastrophe, qui continue la lugubre série des nombreuses disparitions de gros navires entre l'Europe et l'Amérique, inaugurée en 1840 par le *President*, grand paquebot à roues de 500 *chx*, disparu à son premier voyage, a, comme nous l'avons dit, causé une très vive émotion en Angleterre.

A côté de la question d'humanité, il serait d'un grand intérêt que quelque victime eût échappé au naufrage pour en faire connaître les circonstances, tandis qu'on en est réduit à des conjectures plus ou moins plausibles. L'*Engineer* présente à ce sujet quelques réflexions qui nous ont paru mériter d'être reproduites.

Si le *Naronic*, dit le journal anglais, eût été un navire pesamment chargé, avec une faible machine, sa perte dans une tempête ne présenterait rien de bien extraordinaire. Mais c'était un bâtiment trop fort pour avoir rien à craindre tant que son appareil moteur serait en état de fonctionner. Or, celui-ci était à double hélice et réduisait par suite au minimum les chances d'une avarie pouvant amener un arrêt complet des propulseurs.

Ici on peut faire plusieurs hypothèses. Le *Naronic* peut avoir rencontré une banquise de glace et avoir coulé à la suite de la collision. C'est tout à fait improbable, car on n'a pas vu de glaces aussi à l'ouest et aussi au sud que l'endroit où ont été rencontrés les bateaux. Une autre hypothèse est une collision avec un autre navire, et on a cité comme exemple la perte de l'*Oregon*, par suite d'une rencontre avec un voilier de beaucoup plus faibles dimensions.

Cela est encore peu probable. Le *Naronic* était un navire de trop fort échantillon et trop bien divisé en compartiments étanches pour qu'une collision ait suffi à amener son immersion.

Restent deux hypothèses qui demandent à être examinées avec plus d'attention. La première est l'explosion d'une chaudière ayant pu amener la catastrophe. Il n'est pas douteux qu'un accident de ce genre puisse déterminer dans les flancs d'un bâtiment une déchirure et une voie d'eau suffisante pour envoyer le navire au fond de l'océan avant qu'on ait pu mettre les embarcations à la mer. L'explosion pourrait, d'ailleurs, détruire la cloison étanche la plus proche et faire un seul compartiment de deux voisins, avec les plus fâcheuses conséquences. Les ponts au-dessus des chaudières pourraient, de plus, être mis en pièces et les lames n'avoir plus d'obstacles pour envahir les cales du navire. En fait, une explosion de chaudière survenue au fond d'un grand paquebot ressemblerait assez à celle d'un magasin à poudre. Mais y a-t-il des raisons de supposer qu'un tel fait a pu se produire? Il n'y a pas, jusqu'ici, d'exemple de l'explosion de l'enveloppe d'une chaudière à haute pression à la mer. On a constaté des centaines d'accidents secondaires, mais jamais d'explosion violente de l'enveloppe extérieure d'une chaudière. Quelques accidents de ce genre se sont, il est vrai, produits sur des remorqueurs et autres bateaux de faibles dimensions et ont été presque toujours suivis de la submersion immédiate du bateau. De ce qu'un fait

de ce genre n'a jamais eu lieu sur un grand navire, on ne peut nullement conclure qu'il ne peut se produire, et il est certainement très probable que l'explosion d'une chaudière faite de tôles de 25 *mm* d'épaisseur, contenant de la vapeur a 11 ou 12 *kg* de pression, aurait des conséquences immédiates désastreuses pour le navire qui la porte. De là a admettre que beaucoup de navires qui n'ont jamais donné de leurs nouvelles ont bien pu avoir coulé a la suite d'une explosion de chaudière, il n'y a qu'un pas facile a franchir.

Il est vrai de dire que, si un accident de ce genre peut arriver avec les chaudières vieilles et presque hors d'usage, corrodées dans les fonds et faisant, comme on dit, leur dernier voyage, il est tout à fait improbable avec des chaudières toutes neuves comme celles du *Naronic*, et il est bien difficile d'admettre en ligne de compte a l'avenir ce genre de dangers contre lequel aucune prévoyance humaine ne peut donner de garanties suffisantes. Nous ne croyons donc pas que l'hypothèse de l'explosion puisse être soutenue sérieusement.

Reste la dernière supposition, celle d'une avarie grave paralysant l'appareil moteur pendant une tempête et laissant le navire exposé aux coups de mer sans pouvoir y tenir tête : résultat fatal, la submersion. Cette avarie peut être de diverses natures. Il peut s'être produit ce qui est arrivé sur le *City of Paris* avec des résultats pires : la mise hors de service des deux machines et l'inondation des deux compartiments. Le navire ne pouvant plus être gouverné, a été envahi par la mer et a été au fond. L'un des arbres d'hélice a pu se rompre, accident encore assez fréquent, et cette rupture a pu amener une énorme voie d'eau dont le résultat a été le même que précédemment.

Il n'y a rien là que de très admissible et le fait d'une avarie grave de l'appareil moteur survenue pendant une tempête semble être la seule explication rationnelle de la perte de ce magnifique navire. Mais, tout en penchant pour cette explication, il ne faut pas perdre de vue que ce qui paraît impossible arrive quelquefois et que la catastrophe du *Naronic* pourrait en réalité être due à une cause en dehors de celles qui ont été examinées ci-dessus, ou même a l'une de celles-ci considérée tout d'abord comme inadmissible. Un fait matériel n'en reste pas moins, celui de la perte totale d'un navire de très grandes dimensions et d'une solidité qui paraissait à toute épreuve, perte survenue dans des conditions telles que personne n'a survécu pour en indiquer la cause. Un fait de cette nature doit donner à penser.

L'article de l'*Engineer*, dont nous venons de donner la substance, nous inspire quelques réflexions. Il est certain que des accidents qui peuvent arriver à un navire a vapeur dans une traversée, et dont les conséquences seraient insignifiantes ou peu graves par beau temps, peuvent être, au contraire, terribles pendant une tempête.

On sait que l'*Oregon*, dont il a été parlé plus haut, paquebot transatlantique de 152 *m* de longueur, jaugeant plus de 7 000 *tx*, fut coulé devant New-York à la suite d'une collision survenue par beau temps et en plein jour avec un petit navire en bois. A plus forte raison une collision survenue de nuit et pendant une tempête, qui rendrait le choc irrésistible, aurait-elle des conséquences aussi graves. A chaque instant, il

disparaît des navires à voiles, petits ou moyens, dont la perte ne cause guère d'émotion. Il n'y a rien d'impossible à ce que l'absence de nouvelles d'un navire très insignifiant ait une relation directe avec la perte du *Naronic*. Mais il y a autre chose. On sait qu'il existe un assez grand nombre d'épaves flottantes un peu dans toutes les mers, mais surtout dans l'Atlantique, épaves constituées par des coques de navires naufragés flottant entre deux eaux. Le bureau hydrographique de la marine des États-Unis signale ces épaves. D'après un article de l'*Army and Navy Register*, reproduit par la *Nature*, ce bureau a dressé un tableau de 139 épaves qui ont été rencontrées plusieurs fois. Ce tableau indique le nombre de milles parcourus par chacune de ces épaves, le nombre des rencontres et le temps écoulé entre ces rencontres. Il y a au moins 16 de ces épaves constamment en dérive sur la grande route océanique. Pendant la période de cinq ans que comprennent les dernières observations américaines, il y a eu 38 rencontres de navires avec ces épaves, et 6 de ces rencontres ont amené la perte totale des navires abordés. On propose, pour supprimer ou tout au moins atténuer ce risque permanent de la navigation, de faire la chasse à ces épaves et de les détruire par des torpilles ou d'autres moyens efficaces. Nous reviendrons plus loin sur cette question.

Le hasard nous a fait précisément tomber, au moment où notre attention était attirée sur ce point, sur une note intitulée « Une épave de l'Atlantique » dans le *American Engineer and Railroad Journal*. Il y a, dit cette note, un navire qui erre sur l'Atlantique avec un chargement estimé à 20 000 dollars, et ce qu'il y a de remarquable, c'est que ce navire dérive depuis deux ans et a déjà parcouru 5 000 milles. C'est le *Wyer G. Sargent*, parti de Laguna avec une cargaison d'acajou du Mexique en mars 1891. Ce navire a été démâté pendant un ouragan et abandonné par son équipage, qui a été recueilli par un bâtiment norwégien. Le *Wyer G. Sargent* jauge 1 500 *tx*; depuis son abandon, il a été rencontré 27 fois par divers navires, la dernière fois le 12 octobre 1892, par le vapeur *Asiatic Prince*, à 900 milles à peu près des Bermudes. Son pont était au ras de l'eau, mais la coque ne paraissait pas avoir souffert et ne montrait pas d'indices de démolition, de sorte que l'épave pourrait continuer à dériver indéfiniment, à moins qu'elle n'aille échouer sur quelque côte; la nature du chargement l'empêchera toujours d'aller au fond; les épaves qui ont été signalées sont presque toutes, en effet, des navires chargés de bois. Le *Wyer G. Sargent* a deux fois traversé le Gulf Stream depuis qu'il flotte à l'aventure; il a été rencontré une fois à 250 milles des Bermudes et une autre à 600 des Açores.

Il est probable que ce Juif Errant des bateaux n'a pas encore fait grand mal, puisqu'il est toujours en bon état ou à peu près, mais il est certain que la rencontre d'un objet de ce genre pendant une tempête, qui l'animerait d'une impulsion formidable, serait dangereuse, même pour le plus puissant navire. On comprend donc qu'il y ait un intérêt de premier ordre à débarrasser les grandes routes de l'Atlantique de dangers de ce genre.

On fait de grands sacrifices pour détruire ou signaler des écueils situés

sur les côtes et qui sont peut-être moins dangereux que les écueils flottants dont nous venons de parler.

Quant à la destruction des épaves par des torpilles, c'est bien vite dit, mais il faut voir si le remède serait suffisant. Pour des navires chargés de bois, comme c'est généralement le cas, la destruction de la coque couvrirait la mer de poutres et madriers flottants qui, quoique beaucoup moins dangereux que l'épave, n'en constitueraient pas moins à l'occasion une gêne sérieuse pour la navigation, étant susceptibles de s'engager dans les hélices et d'en amener la rupture, accident qui arrive assez fréquemment sans que, dans bien des cas, on en connaisse la cause. Il serait préférable, une fois les épaves atteintes, de les remorquer jusqu'à la côte la plus proche. Les dépenses seraient considérables, mais on en fait bien pour les recherches hydrographiques, les relèves de côtes, sondages, etc. Les Compagnies d'assurances maritimes, les premières intéressées, pourraient d'ailleurs contribuer aux frais que couvrirait, en outre, pour une certaine part, la valeur des chargements recueillis. En somme, il y a là une question d'un intérêt très sérieux pour la navigation maritime.

La conférence maritime internationale, tenue à Washington en 1889, avait recommandé l'affectation d'un navire à vapeur spécialement équipé à la destruction des épaves errantes; mais rien n'a été fait dans ce sens. Le mieux serait probablement d'encourager l'initiative privée par des primes qui s'ajouteraient aux droits de sauvetage. Quelques résultats sont déjà obtenus dans cet ordre d'idées. Ainsi, les journaux anglais annonçaient, ces jours-ci, qu'un bateau-pilote de Queenstown (Irlande) avait amené dans ce port le navire *Velox*, chargé de bois et abandonné il y a quelques mois, au milieu de l'Atlantique, dans sa traversée d'Acapulco à Brême, et rencontré par ce bateau-pilote à peu de distance de la côte d'Irlande.

Hauteur des constructions aux États-Unis. — Nous avons donné dans la Chronique de juin 1892, page 838, d'après M. A. Stevart, quelques renseignements sur des constructions de hauteur extraordinaire établies aux Etats-Unis, notamment à Chicago. Ces renseignements peuvent être utilement complétés par les suivants que nous trouvons dans l'*Engineering Record*.

Un bâtiment qu'on peut citer comme exemple extraordinaire est le temple maçonnique bien connu de Chicago qui a vingt étages et 82,50 m de hauteur du trottoir au sommet de la toiture. Le bâtiment dit « Pulitzer Building », à New-York, occupé par le journal le *World* et divers bureaux a douze étages dans le bâtiment lui-même et est surmonté d'un dôme à six étages dont la partie la plus élevée est à 85,40 m au-dessus du sol.

Le New Netherland-Hôtel, à New-York, qui va être achevé très prochainement, a dix-sept étages et 66,30 m d'élévation au-dessus de la rue. Parmi les nouvelles constructions érigées à Chicago, on peut citer le Manhattan et le Wachusett qui ont chacun dix-sept étages et respectivement 64 et 62,50 m de hauteur du tout au-dessus du trottoir. Un autre bâtiment en construction, le Old Colony, aura dix-sept étages et 65,50 m

de hauteur. Le Harford et le Ellsworth ont chacun quatorze étages et respectivement 50,30 et 51,90 *m* de hauteur.

Les réglements sur les constructions dans la ville de New-York n'imposent pas de limites à la hauteur des bâtiments non destinés au logement, mais pour ceux qui doivent servir de maisons d'habitation, une loi déjà ancienne limite la hauteur d'après la largeur des voies en façade desquelles se trouve le bâtiment. Sur les rues et avenues ne dépassant pas 18 30 *m* (60 pieds), la hauteur ne doit pas être de plus de 24,40 *m* (80 pieds).

Le règlement sur les constructions mis en vigueur tout récemment à Chicago établit le maximum à 39,65 *m* (130 pieds). La loi de l'État relative à la construction, l'entretien et l'inspection des bâtiments à Boston, entrée en vigueur l'année dernière, fixe un maximum de 38,10 *m* (125 pieds) pour toute construction, à l'exception des clochers d'églises, et de plus limite la hauteur à 2 1/2 fois la largeur de la rue ou square où le bâtiment se trouve en façade, largeur mesurée entre le mur du bâtiment et la limite de la rue du côté opposé.

La navigation intérieure en Russie. — D'après les statistiques récemment publiées par le Ministère des voies de communication, la navigation intérieure dans l'empire russe aurait subi un accroissement montré par les comparaisons suivantes entre les années 1884, 1886 et 1890.

	1884	1886	1890
Bateaux à vapeur :	—	—	—
Nombre	1 216	1 507	1 824
Tonnage total	98 700	102 061	149 228
Tonnage moyen	79	67	82
Puissance totale	72 105	84 404	103 177
Puissance moyenne . .	58	57	57
Autres bateaux :			
Nombre.	20 095	—	20 125
Tonnage total	5 860 500	—	6 492 692
Tonnage moyen	292	—	323

Le faible tonnage moyen des bateaux à vapeur indique que la plupart sont des remorqueurs, ce que fait voir d'ailleurs le prix de ces bateaux qui a été en moyenne, si on compte le rouble au taux moyen de 2 50 *f.* de 1 240 *f* en 1884, de 985 en 1886, et de 1 085 en 1890 par tonneau. Le prix des bateaux ordinaires qui sont généralement à fond plat et de construction grossière, a été de 13,75 *f* en 1884 et de 14,75 en 1890.

Cette flotte est montée par des équipages dont l'importance est indiquée par le tableau ci-dessous.

	1884	1886	1890
Bateaux à vapeur :	—	—	—
Nombre total d'hommes.	18 766	23 069	25 814
Moyenne par bateau. .	15	15,3	14,2
Autres bateaux :			
Nombre total d'hommes.	94 099	—	90 356
Moyenne par bateau. .	4,7	—	4,5

La réduction qui s'est opérée dans le nombre moyen d'hommes formant l'équipage d'un bateau malgré la légère augmentation du tonnage moyen des bateaux peut être attribuée à l'emploi devenu plus général, comme on le verra plus loin, du pétrole comme combustible. La même diminution observée également pour les bateaux ordinaires s'explique aussi facilement.

Le fait le plus digne d'attention est la profonde modification qui s'est faite dans la répartition des divers combustibles employés :

	1884	1886	1890
Bois (cordes).....	742 121	801 020	598 897
Charbon (tonnes).....	158 136	182 881	279 080
Résidu de pétrole (tonnes)..	214 915	276 237	568 143

Ainsi, avec un accroissement depuis 1884 de 43 0,0 sur la puissance totale, on a brûlé, en 1890, 10 0,0 de moins de bois et 76 0,0 de moins de charbon; mais, en revanche, 164 0,0 de plus de pétrole.

On fait remarquer en faveur de ce dernier combustible que, question de prix à part, un remorqueur qui ne peut prendre de bois que pour 2 ou 3 jours, quantité qui demande 6 à 12 heures pour être embarquée, peut prendre pour 8 à 12 jours de pétrole, qu'on met à bord en 2 à 3 heures.

Les énormes ressources que la Russie possède en huiles minérales constituent pour sa navigation intérieure et, en général, pour ses moyens de communication un avantage aussi important que l'élément qu'elles fournissent à son commerce d'exportation.

Une nouvelle locomotive anglaise. — Sous le titre : « La plus grande locomotive express du monde », il a paru dans quelques journaux anglais un article que nous résumons ci-après :

Il y a quelques années, une des machines compound à trois cylindres du type Webb fut envoyée aux États-Unis où elle fut mise sur le *Pennsylvania Railroad*. Les résultats obtenus ne furent point favorables et ne firent qu'établir l'infériorité de la machine anglaise par rapport aux modèles américains. Ce fait paraît avoir engagé M. F. C. Wiby à créer un type de machine express qui vient d'être terminé dans les ateliers de MM R. et W. Hawthorn, à Newcastle, et que nombre d'ingénieurs ont pu examiner ces jours-ci avant le départ de la machine pour l'Exposition de Chicago.

Cette puissante locomotive, qui a reçu le nom de *James Toleman*, est montée sur un bogie à deux essieux et sur deux essieux à roues de 2,29 m commandés par deux paires de cylindres. Cette machine constituant une tentative de réaction contre le système compound, les quatre cylindres sont à action directe.

Le premier des essieux à grandes roues est actionné par deux cylindres intérieurs de 0,432 m de diamètre et 0,560 de course, placés sous la boîte à fumée; le second des essieux moteurs est mû par deux cylindres de 0,480 m de diamètre et 0,610 m de course placés à l'extérieur à l'arrière des roues du bogie, et dont les tiges de pistons ont une grande longueur nécessitée par la position des glissières qui sont fixées aux longe-

rons au delà de la roue. Les deux essieux à grandes roues ne sont pas accouplés ensemble.

La chaudière a de très grandes dimensions; le corps cylindrique a une section ovale pour s'inscrire entre les bandages des grandes roues et recevoir néanmoins assez de tubes; il y en a 189 de 61 *mm* de diamètre et 4,87 de longueur, ce qui s'écarte singulièrement des usages anglais. La surface de chauffe directe est de 12,83 m^2, la surface tubulaire de 175 et la surface totale de 187,83; la surface de grille est de 2,60. La pression de marche est prévue à 12 *kg*, mais elle pourra être portée sans inconvénient pour la chaudière à 14 *kg*. La machine pèse pleine 60 *t* et le tender, avec ses approvisionnements au complet, 45 *t;* poids total du moteur, 105 *t*. Il y a 25 *t* sur le bogie, 18 sur l'essieu du milieu et 17 sur l'essieu d'arrière; poids adhérent 35 *t*, soit les 0,583 du poids total.

Les essieux moteurs sont écartés de 3,47 *m* et les essieux extrêmes de 7,21 *m*. La longueur totale de la machine hors tampons est de 9,92 *m*.

La chaudière est en tôle d'acier, avec foyer en cuivre et tubes en laiton. Sur le corps cylindrique se trouve un dôme de grandes dimensions et une soupape double Ramsbottom du modèle usité généralement en Angleterre; la cheminée est grosse et courte et descend dans la boîte à fumée, la tuyère qui est dans le bas est surmontée d'une enveloppe formant *petticoat*.

Pour avoir à la fois une longue grille et de longs tubes sans donner à la chaudière trop de longueur, on a donné au foyer une disposition particulière que nous allons tâcher de faire comprendre.

La partie supérieure du foyer n'a guère que la moitié de la longueur de la grille, de sorte que celle-ci s'avance beaucoup vers l'avant de la plaque tubulaire et que la partie inférieure du foyer se trouve au-dessous des tubes. Le ciel de cette partie inférieure, qui est faiblement incliné, est muni d'une garniture en briques qui se prolonge à l'arrière pour former la voûte en briques ordinaire. Il semble que cette disposition ne doit guère faciliter l'accès de l'eau le long de la plaque tubulaire, accès qui n'est déjà pas plus aisé qu'il ne faut avec les formes ordinaires. Nous avons dit que la section du corps cylindrique était ovale, il est plus exact de dire qu'elle est formée de deux portions de cordes se coupant, Les deux points d'intersection sont reliés par des tirants horizontaux boulonnés à l'extérieur sur des espèces de cales épousant la forme des tôles au point de rencontre. Cette disposition est déjà ancienne. On la rencontrait sur la machine *Seraing* construite en 1851 par la Société John Cockerill pour le concours du Semmering.

Les tiroirs des cylindres intérieurs sont commandés par des coulisses et ceux des cylindres extérieurs par une distribution Joy; les quatre cylindres ont une commande commune à main et à vapeur.

L'effort de traction de cette machine peut être évalué à 900 *kg* par kilogramme de pression effective sur les pistons, ce qui donnera évidemment un chiffre très élevé avec une pression de 12 *kg* à la chaudière.

Comme on l'a vu, le générateur a de vastes proportions et les huit coups d'échappement par tour de roues donneront un tirage tellement énergique qu'on devra, dit un journal américain, prévoir une introduction

: rete de l'air extérieur dans la boîte à fumée, si on ne veut pas voir le : ase arracher le feu lorsque la machine travaillera en plein.

Ce journal, l'*Engineering News*, fait suivre la description de cette ma- ne des réflexions suivantes : « D'après ce qui a été publié, cette motive a été faite pour démontrer aux Américains l'inanité du ème compound, mais comme les avantages de ce système ont été stabis sur des centaines de locomotives à deux, trois et quatre cylin- s faisant tous les genres de service, il est peu probable que la nou- le machine suffise à exercer une grande influence en sens inverse. est admis généralement aujourd'hui que la machine compound réalise économie de combustible et d'eau par rapport à la machine ordi- , avec peu ou point d'augmentation de dépenses de service et d'en- tien. C'est surtout pour la traction des gros trains de marchandises ible vitesse que le maximum d'avantages a été obtenu en Amé- , bien que, d'un autre côté, la plus grande vitesse qui ait jamais été tée l'ait été par une locomotive compound. » (Voir *Chronique* de cembre 1892, p. 1296.)

Poids d'une foule par unité de surface. — Les auteurs t peu d'accord sur la charge exercée sur l'unité de surface de sol ou plancher par l'agglomération d'êtres humains qu'on appelle une foule. professeur Kernot a étudié la question dans un mémoire lu devant le Victorian Institute.

La France on compte généralement 200 *kg* par mètre carré. Hatfield, ans son ouvrage *Transverse Strains*, va jusqu'à 340 *kg*; M. Page, Ingé- ur du pont de Chelsea, compte 400 *kg*; M. Nash, architecte du palais Buckingham, cité par Tredgold, 580; M. W.-K. Kernot, professeur Collège des ouvriers, à Melbourne, 610 *kg*; le professeur W.-C. Kernot, l'Université de Melbourne, 700, et enfin M. Bindon B. Stoney, dans ouvrage *Stresses*, 715 *kg*.

D'après Hatfield, on ne doit pas assimiler des soldats armés à une . Dans ce cas les hommes sont maintenus à une certaine distance r leurs sacs et leur équipement, tandis que dans une foule les gens t arrivés les uns contre les autres de manière à n'occuper guère chacun une surface égale à un pied carré, ce qui fait entre 10 et 11 par mètre . On s'explique donc les chiffres élevés donnés ci-dessus. Le professeur rnot crut donc prudent de prendre le maximum de 715 *kg* indiqué r M. Stoney et d'aller même à 730 *kg* s'il s'agit d'une foule composée mmes faits.

La grande roue de l'Exposition de Chicago. — Cette roue t jouant une roue hydraulique, c'est tout simplement une roue balan- comme celles qu'on voit dans nos fêtes foraines, mais ses dimen- absolument extraordinaires en feront, disent les journaux améri- s, une des curiosités du *World's Fair*.

Le projet en est dû à M. G.-W.-G. Ferris, Ingénieur à Pittsburgh, qui e que l'emploi d'une roue de ce genre était le moyen le plus pra- de élever rapidement une grande quantité de gens à une hauteur

considérable pour les faire jouir du coup d'œil d'ensemble de l'Exposition.

La roue a 75 *m* de diamètre et sa partie supérieure sera à 80 *m* au-dessus du sol. Il y a en réalité deux roues écartées de 8,70 *m* et fortement reliées ensemble. L'axe qui est en acier a des dimensions colossales, 0,825 *m* de diamètre et 13,80 *m* de longueur, son poids est de 40 *t*; il a été forgé aux aciéries de Betlehem d'où il a été expédié à Chicago le 18 mars dernier; on dit qu'il a coûté 175 000 *f*, ce qui ferait plus de 4 *f* le kilogramme, prix qui paraît bien élevé pour une pièce aussi lourde. Cet arbre repose sur des supports fixés sur deux tours en acier de 42,80 m de hauteur, soit à peu près celle de la colonne Vendôme. Ces tours sont constituées chacune par quatre montants, deux à l'intérieur verticaux et deux à l'extérieur inclinés, le tout relié par des arcades et des entretoisements.

Cette construction, ainsi que la roue elle-même, ont été largement calculées pour résister au vent. Les tours ont 15 *m* sur 12 à la base et 1,50 *m* sur 1,50 au sommet et reposent sur un soubassement en maçonnerie fondé sur des pieux et du béton dont la charge n'atteint pas 1 *kg* par centimètre carré de surface du sol.

Entre les deux roues sont suspendues sur des tourillons les caisses destinées à recevoir les ascensionnistes, caisses qui doivent rester dans la position horizontale pendant la rotation de la roue. Il y a 36 de ces caisses, chacune pèse 19 *t* et peut recevoir 60 personnes, ce qui fait en tout 2 160. Les plates-formes ou quais d'embarquement et de débarquement sont disposées pour desservir 6 caisses à la fois. On fera faire aux voyageurs deux tours, ce qui demandera à peu près 20 minutes, le trajet parcouru représentant environ 450 *m*, ce qui donne une vitesse de 0,37 m par seconde ou 1 350 *m* à l'heure.

Le poids total de la construction dépassera 4 000 *t* dont 60 0/0 pour la partie en mouvement. D'après ce qu'on connaît jusqu'ici, la puissance motrice nécessaire pour faire tourner la roue sera fournie par deux paires de machines reversibles donnant 2 000 *chx*, avec des cylindres de 0,760 *m* de diamètre et 1,22 *m* de course. L'arbre de ces machines actionnera par une série d'engrenages une roue dentée de 4,80 m de diamètre reliée par une chaîne d'acier à une autre roue calée sur l'arbre supérieur de l'appareil. Les machines seront placées au-dessous du sol avec les appareils d'éclairage électrique qu'elles actionneront également. On se propose en effet d'éclairer la roue et les caisses des voyageurs avec 3 000 lampes à incandescence. La dépense totale de cette installation est estimée à 1 500 000 *f*.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Février 1893

Rapport de M. Rossa sur le **moyen d'empêcher les inondations de se produire**, présenté par M. Pinchard, conducteur des ponts et chaussées en retraite.

Le moyen pratique proposé par l'auteur consiste à employer les matériaux que l'on rencontre dans les ravins secondaires et collecteurs à la construction de barrages en pierres sèches, éloignés de 30 à 300 *m* les uns des autres ; on donne à ces barrages de 1 à 3 *m* de hauteur, suivant les lieux et la pente, et même 0,50 *m* dans les petits ravins à pente très forte.

Les barrages des ravins secondaires sont destinés à retarder l'écoulement des eaux superficielles en les obligeant à traverser les joints des pierres. Dès lors, les ravins collecteurs ne les reçoivent plus à l'état torrentiel ; au contraire, par leurs barrages formant retenue, ils écoulent lentement leur trop-plein à la descente.

Ce système est basé sur ce fait que les inondations sont dues, d'une part, à une trop grande intensité de la pluie pendant un temps relativement court, et, d'autre part, à l'écoulement trop rapide de l'eau tombée dans les montagnes qui s'accumule au pied dans la plaine.

Le rapporteur est d'avis que les causes des débordements sont beaucoup plus complexes que celles qu'indique l'auteur et que l'idée rationnelle de retarder le plus possible l'arrivée des eaux des affluents au bassin principal d'une rivière sur les pentes supérieures où on les emmagasine et dans les vallons où les courants commencent à se former n'est pas nouvelle et a déjà été appliquée plusieurs fois sous des formes qui donnent plus complète satisfaction à l'agriculture que les barrages en pierres sèches. Sous ces réserves, le travail de M. Pinchard présente de l'intérêt.

Rapport de M. le colonel Goulier sur **la règle à calculer à deux réglettes** de M. Peraux, négociant à Nancy.

La règle à calcul ordinaire de 0,25 *m* donne une exactitude très suffisante pour la grande majorité des cas. Cependant, il est des calculs pour lesquels une plus grande précision est nécessaire. Pour satisfaire à ce besoin, on a d'abord doublé la longueur et exécuté des règles de 0,50 *m* avec lesquelles les erreurs sont réduites de moitié ; mais ces règles sont

encombrantes et d'un usage peu commode. Aussi a-t-on cherché d'autres solutions parmi lesquelles on peut citer en première ligne celle proposée dès 1851 par M. Mannheim. On a également eu recours à un autre principe, celui des échelles tronçonnées et repliées, dont la première application a été faite en 1850 par M. Deriory.

La règle de M. Peraux appartient au type des règles à échelles repliées. Elle diffère à première vue des règles ordinaires par l'emploi d'une double réglette qui en augmente beaucoup la largeur qui se trouve être de 46 *mm*. Les bords de ces règles portent les divisions logarithmiques disposées de la façon suivante : le long du bord supérieur de chaque réglette sont tracés les logarithmes des nombres 1 à 3,16, logarithmes qui varient entre 0 et 0,50 ; puis le long des bords inférieurs sont tracés les logarithmes des nombres depuis 3,16 jusqu'à 10, logarithmes dont les valeurs sont comprises entre 0,50 et 1,00. D'ailleurs, ces deux échelles sont disposées l'une en regard de l'autre, de telle sorte que la distance entre les traits extrêmes 1 et 10, traits qui traversent toute la réglette, soient exactement une demi-unité logarithmique.

Sur les deux bords opposés de chacune des rainures dans lesquelles se trouvent les réglettes sont tracées également les deux moitiés d'une échelle logarithmique; mais, tandis que, pour la rainure supérieure, la partie comprise entre 1 et 3,16 est en haut et celle comprise entre 3,16 et 10 est en bas, c'est l'inverse pour la rainure inférieure, de telle sorte que les deux demi-échelles tracées, soit vers le milieu de la règle, soit vers les bords extérieurs, sont identiques et semblablement placées. Et ce sont ces positions relatives des demi-échelles de la règle et des réglettes qui rendent facile l'exécution des calculs.

Nous ne pouvons donner ici qu'une idée générale de la disposition de cet instrument que ceux de nos collègues que la question intéresse trouveront complètement décrit avec figures dans le Bulletin de la Société d'Encouragement. Cette règle est complétée par l'addition d'échelles servant à faire les puissances et d'échelles donnant à vue les sinus et les tangentes naturelles des angles.

Ce rapport est suivi d'une note sur l'emploi de la règle à calcul Péraux.

Conférence faite sur les **Produits de l'Afrique centrale** par M. Jean Dybowski, faite à la Société d'Encouragement, le 9 décembre 1892.

Dans cette conférence, l'auteur met à profit l'expérience qu'il a retirée de l'exploration faite par lui dans l'Afrique centrale pour indiquer les produits que peuvent fournir ces régions et les marchandises d'échange qu'on peut utilement y envoyer, marchandises dont le choix ne doit pas être laissé au hasard sous peine d'échec complet dans les transactions à faire avec les populations africaines.

Le Yacht « Mignon ». (Traduit de *Engineering*.)

Ce petit bateau de 13,18 *m* de longueur, 1,80 *m* de largeur et 0,65 *m* de tirant d'eau, construit par Escher, Wyss et C^ie^, à Zurich, pour M. Nobel qui le destine à naviguer sur la Seine, est en aluminium, coque et

machine, à l'exception du serpentin générateur qui est en cuivre et de l'arbre de l'hélice qui est en acier. Le moteur est à vapeur d'essence de pétrole avec trois cylindres à simple effet. Le bateau complet pèse 1 500 *kg*. Lors de la première course d'essai, le 1er juin 1892, on réalisa une vitesse de plus de 13 *km* à l'heure avec une dépense de 8 *kg* de pétrole à l'heure, résultat très remarquable.

Emploi de la lampe de sûreté pour la recherche des vapeurs de benzoline ou d'autres gaz inflammables répandus dans l'air, par Frank Clowes, professeur de chimie à l'University College de Nottingham. (Traduit du *Chemical News*.)

La base de l'emploi de la lampe de sûreté pour la recherche des gaz inflammables dans l'air est la formation d'auréoles au-dessus de la flamme de la lampe. La note donne le résultat de recherches entreprises pour obtenir une corrélation entre l'aspect de l'auréole et les proportions des mélanges de diverses vapeurs ou gaz inflammables avec l'air et les modifications à apporter aux lampes pour rendre l'essai plus commode et plus précis.

Propriétés et fabrication du celluloïde, par Walter Hovers. (Traduit du *Journal of the Society of Chemical Industry*.)

Procédé pour reconnaître **la pureté des huiles de coprah et des huiles de palmiste**, par M. Ernest Millian.

La savonnerie française consomme annuellement 100 000 *t* de ces huiles, de sorte que la facile vérification de la pureté ou de l'adultération de ces substances a une très grande importance. Les procédés de vérification sont basés sur la solubilité de ces huiles dans l'alcool absolu, tandis que l'addition d'huiles étrangères et de graisses les rendent presque insolubles.

Mars 1893.

Rapport de M. Mascart sur une **communication de M. Trouvé, relative à diverses inventions.**

Il s'agit d'une combinaison de fontaines lumineuses automatiques à jets multiples et à feux changeants, qu'on peut exécuter dans toutes les dimensions, depuis celles d'une corbeille à fleurs ou d'un surtout de table jusqu'à celles de la fontaine monumentale installée à Craig-y-Nos, chez Mme Patti-Nicolini, et dont le bassin mesure 6 *m* de diamètre.

Rapport de M. Schlumberger sur la communication de M. de Brocchocki relative à son **système de ponts à articulations, portatifs et démontables, en acier.**

Ce système de ponts, que notre regretté collègue n'a pas eu le temps de présenter, avant sa mort, à la Société des Ingénieurs civils, se distingue des autres ponts portatifs et démontables par une construction généralement simplifiée et par l'emploi de quelques dispositions spéciales.

Cinq types seulement de pièces différentes composent la charpente du pont ; ces pièces sont toutes rectilignes et, dans chaque type, elles sont toutes uniformes et identiques entre elles. Leur assemblage s'opère à articulation, sans l'aide de boulons.

Un pont de ce système, construit par la Société de Commentry-Fourchambault, de 36 *m* de portée, pesant 457 *kg* par mètre courant pour la partie métallique, a été l'objet d'expériences de la part d'une Commission militaire et a donné des résultats très satisfaisants, à la suite desquels il a été accepté par le Génie.

Le montage et le démontage du pont ont pris chacun une heure et demie seulement.

Rapport de M. Brull sur un **réchauffeur épurateur d'eau** de M. F. Chevalet, Ingénieur-chimiste, à Troyes.

On a depuis longtemps mis à profit la précipitation du carbonate de chaux par échauffement de l'eau pour débarrasser de la plus grande partie de cette matière les eaux d'alimentation des chaudières et on a présenté une foule d'appareils pour utiliser cette réaction. M. Chevalet a à son tour proposé une disposition qui a réalisé avec succès l'application industrielle.

Au lieu d'avoir des plateaux de peu de profondeur, l'appareil comporte des cuves superposées et communiquant entre elles par des tuyaux de trop-plein disposés verticalement. L'eau circule entre les cuves en sens inverse de la vapeur qui provient d'un générateur ou de l'échappement d'une machine. Le carbonate de chaux se dépose en concrétions plus ou moins dures dans les cuves qui peuvent se démonter facilement pour être vidées et nettoyées.

L'inventeur a créé dix types de cet appareil pouvant chauffer de 125 à 6 000 *l* à l'heure. 150 de ces réchauffeurs sont en service. Il est à remarquer, qu'outre l'épuration de l'eau, ce système a l'avantage d'utiliser une partie de la chaleur emportée par la vapeur d'échappement d'une machine, lorsqu'on se sert de cette vapeur pour le chauffage.

Rapport de M. A. Tresca sur un **système de limes** imaginé par M. F. Leclercq, mécanicien à Paris.

Dans ce système, qui permet une plus grande rapidité du travail, la lime est divisée en parties de faible largeur par des sillons assez profonds inclinés de 30 degrés environ, qui permettent le dégagement facile de la limaille.

Ces sillons viennent au laminage sur les barres qui servent à faire les limes.

Divers essais faits avec ces nouvelles limes ont fait voir que la limaille se dégage très facilement et qu'il n'y a pas besoin de recourir au dérassage ; on obtient un tiers de plus en travail. Ces avantages peuvent se traduire par une économie de 30 0/0 environ sur la main-d'œuvre.

Notice nécrologique sur **M. Medier,** membre du Conseil de la Société d'Encouragement, par M. le colonel Pierre.

Note sur l'installation du **patinage artificiel « le Pôle Nord »** par M. G. Richard.

Cette installation comprend deux parties, la salle des machines frigorifiques et la piste.

Dans la première se trouvent deux chaudières Babcox Wilcox, fournissant la vapeur à deux machines de 50 *chx*, sans condensation, à distribution Stoppani. Ces machines actionnent deux compresseurs Fixary horizontaux et à double effet de 50 000 frigories-heures chacun. De cette montre environ la puissance des machines à vapeur est employée à l'éclairage électrique.

La partie la plus intéressante est la piste qui a 40 *m* 15,5 *m* 620 *m*², est établie sur une sole en briques de liège goudronnées posées sur un radier de ciment et recouverte d'une feuille de plomb continue de 1 *mm* d'épaisseur. On a ainsi obtenu une étanchéité parfaite, qui est la condition absolue de la réussite.

Sur cette sole est établie une tuyauterie continue en tuyaux de fer de 41 *mm* de diamètre intérieur et de 4 000 *m* de développement dans laquelle circule, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, une dissolution de chlorure de calcium incongelable refroidie par les machines frigorifiques. Le volume de cette dissolution est de 20 000 *l* dont 3 500 dans les tuyaux. Le débit moyen est de 65 000 *l* à l'heure; la température d'entrée est en moyenne de — 15° C.; celle de sortie de — 12 C. qui donne une transmission de 108 000 frigories-heures.

L'épaisseur de la glace est de 0,10 *m* à 0,12 en dessus de la sole en bois. Après chaque séance, on enlève la neige produite par les patins et on renouvelle la piste par une couche d'eau qui gèle immédiatement.

Cette installation fonctionne depuis le 1er octobre avec une parfaite régularité, bien qu'en hiver la salle soit chauffée à 15° par un calorifère.

Les carbonyles métalliques, par Ludwig Mond. (Traduit du *Journal of the Society of Chemical Industry*.)

Le carbonyle de nickel $NiCO^4$ est un liquide de densité 1,3185 qui entre en ébullition à 10° C. A 200° C il se décompose en nickel métallique et oxyde de carbone. Ce corps jouit de propriétés singulières, il est très diamagnétique, très mauvais conducteur de l'électricité.

On a basé sur ses propriétés un procédé d'extraction du nickel qui consiste à réduire en vapeurs le nickel d'un minerai et à mettre ces vapeurs en contact avec de l'oxyde de carbone; il se forme des carbonyles de nickel qui se décomposent à la température de 200° C. On installe en ce moment à Birmingham un outillage complet pour l'exploitation de ce procédé sur une grande échelle. On a surtout pour objet de faire des reproductions directes, ce qui s'obtient en déposant le nickel dans des moules chauffés, on a ainsi directement des objets en métal d'une netteté parfaite et de très faible épaisseur, tels qu'on les obtiendrait par la galvanoplastie à laquelle le nouveau procédé paraît pouvoir faire une concurrence sérieuse.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Février 1893

Notice sur les **Travaux d'amélioration de l'embouchure du Danube** et du bras de Soulina, 1837-1891, par M. Voisin Bey, inspecteur général des ponts et chaussées en retraite. — 2e partie.

Cette deuxième partie comprend d'abord un grand nombre d'annexes dont la plupart sont relatives à des observations sur le régime des passes et sur les profondeurs de la mer devant l'embouchure, et qui comprennent aussi les règlements et tarifs qui régissent la navigation et les documents statistiques qui se rapportent à cette navigation. Après vient un résumé général de la question qui montre comment la grande et belle œuvre accomplie par la Commission européenne du Danube a été aussi heureuse et féconde par ses résultats qu'elle a été remarquable par le succès si complet des travaux. L'accomplissement de cette œuvre a produit une sécurité considérable pour la navigation, un développement énorme de celle-ci et une réduction très importante des taxes, de telle sorte que le fret entre les ports du Danube et les ports étrangers a baissé dans de grandes proportions.

Pour ne parler que de la période des dix-sept dernières années, 1874 à 1890, les frets moyens des ports du Danube aux ports anglais ont diminué de plus de moitié. Les avantages obtenus peuvent d'ailleurs être mis en lumière par le simple énoncé des chiffres suivants. Par suite des travaux accomplis, le mouvement de la navigation à l'embouchure de Soulina, qui était, en 1857, de 2 211 petits bâtiments d'un tonnage total de 340 000 *tx*, et d'un tonnage moyen de 150 *tx*, se trouvait, en 1889, de 1 828 grands bâtiments d'un tonnage total de 1 540 000 *tx* et d'un tonnage moyen de 840 *tx*, le premier chiffre quatre fois et demie, le second cinq fois et demie plus grand qu'à l'origine.

Rien ne peut en dire plus que ces résultats.

Les Ingénieurs font d'ailleurs de nouveaux et persévérants efforts pour améliorer encore le chenal du fleuve et arriver à obtenir partout, en temps d'eau ordinaire, une profondeur d'eau de 6,25 *m*, 20 1/2 pieds anglais, égale à celle de la passe de l'embouchure.

ANNALES DES MINES

3e livraison de 1893.

Rapport sur les **travaux du quatrième Congrès international des chemins de fer** (1892), par M. Worms de Romilly, Ingénieur en chef des Mines *(suite)*.

Le système anglais des signaux de chemins de fer, par M. Ed. Sauvage, Ingénieur des Mines.

Les signaux de chemins de fer ont d'abord été établis pour prévenir les collisions, mais leur emploi a eu pour conséquence d'autres avantages, en permettant de multiplier le nombre des trains et d'en augmenter la vitesse. Sur les lignes anglaises, où la circulation atteint une extrême activité, les signaux ont un rôle capital.

La note indique la disposition fondamentale des signaux au nombre de trois, le *distant* qui n'est qu'un avertissement, le *home* qui couvre la station et le *starting* qui est surtout destiné au service du block system; les modifications et additions que reçoit ce système fondamental, les signaux de bifurcation, le block-system, les signaux des trains, les signaux en temps de brouillard, etc.

Le système généralement suivi en Angleterre est d'une grande simplicité et d'une grande précision. L'emploi des enclenchements mécaniques et électriques des leviers de manœuvre entre eux et avec les appareils télégraphiques du block-system y est très étendu. On prévoit, autant que possible, le moyen de correspondre par signaux télégraphiques simples dans le cas de dérangement des appareils spéciaux plus compliqués. Il faut ajouter que le système anglais est le produit d'une longue série d'efforts, tous dirigés dans le même sens, et les règles générales et les consignes locales ont été établies d'année en année avec l'incessible préoccupation d'augmenter la sécurité et de faciliter les mouvements des trains, en remédiant aux divers inconvénients que la pratique révélait.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Région de Saint-Étienne.

Séance du 5 février 1883.

Note de M. Jules Garnier sur les **premières expériences pour le transport de la force par l'électricité.**

Notre collègue indique que, vers la fin de 1871, M. Naudet-Breguet fit connaître qu'ayant mis, par hasard, en communication deux machines Gramme, dont l'une était en mouvement, il avait, à sa grande surprise, vu l'autre tourner. M. Jules Garnier avait ensuite commencé l'étude pratique de ce remarquable phénomène dans la réalisation de ce qu'il prévoyait de grands avantages industriels, lorsque survint l'application pratique faite en 1873 par M. H. Fontaine et qui a été le point de départ matériel de la question de la transmission électrique du travail.

Note de M. Clermont sur les **pompes conjuguées à action directe à plongeurs**, système Galland et Levet.

Ces pompes comportent deux cylindres à vapeur ou à air comprimé dont les tiges actionnent chacune un plongeur qui se meut dans un double corps de pompe, d'après la disposition bien connue de Girard. Ces corps de pompes ont des formes cylindriques et sphériques et sont munis de nervures pour les mettre à même de résister à des pressions élevées. La distribution se fait pour les cylindres moteurs par des tiroirs dont chacun est mû par le piston de l'autre machine, d'après le système de Worthington. Avec cet arrangement le mouvement des deux pompes est croisé, et il y a, à fin de course, un léger temps d'arrêt pour les pistons.

Dans ces appareils, les presse-étoupes, les soupapes et le tuyautage sont très accessibles pour l'entretien et le démontage, et la disposition générale est satisfaisante et les détails bien traités.

District du Nord et du Pas-de-Calais

Séance du 24 novembre 1892.

Communication de M. Chesneau sur **une nouvelle lampe grisoumétrique.**

C'est un appareil établi sur le principe des auréoles produites au contact de la flamme par la combustion du grisou dans les zones chaudes qui avoisinent celle-ci, la hauteur de l'auréole ayant une relation avec la teneur en grisou.

La lampe est à alcool; son poids, garnie, et de 1 450 *g*, est la consommation d'alcool par heure de 15 *g*. On emploie de l'alcool méthylique ou esprit-de-bois marquant 92,5° à l'alcoomètre Gay-Lussac à la température de 15° C. On y ajoute du chlorure de cuivre qui donne à la flamme une belle couleur bleu verdâtre, laquelle accroit considérablement la netteté des auréoles. Cette lampe est, bien entendu, disposée comme lampe de sûreté avec tamis et écran mobile. Avec cet appareil, un observateur, un peu exercé par plusieurs visites de travaux grisouteux, arrive à déduire des hauteurs d'auréoles des teneurs en grisou ne différant pas de plus de 0,1 0/0 de la teneur donnée par une analyse chimique précise.

Réunions de Saint-Étienne

Séance du 4 mars 1893.

Visite aux ateliers de MM. de la Roulle et Dumas.

Cette visite a eu pour objet de constater le fonctionnement des *dromographes* de la Roulle qui sont des indicateurs de mouvement avec enregistreurs, donnant une courbe ou trajectoire plus ou moins tendue suivant que la vitesse est plus ou moins grande. Certains de ces appareils indiquent toutes les circonstances de la marche, arrêts, etc., ces derniers sont applicables aux locomotives.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

Bulletin de janvier 1893

Rapport annuel, présenté par M. Walther-Meunier, secrétaire.

Ce rapport annonce une situation toujours très prospère. Les recettes de l'année 1892 se sont élevées à M. 150 141 dont 23 712 seulement de cotisations, le reste étant formé par les intérêts des fondations, et des recettes diverses. Les dépenses ont été de M. 112 733, dont 51 000 pour la Société industrielle proprement dite et le reste pour les écoles de dessin, de chimie, d'art professionnel de jeunes filles, musée et autres annexes fondés ou subventionnés par la Société.

Le chemin de fer électrique, système J.-J. Heilmann.

Nous renvoyons à ce sujet à la communication faite par l'auteur à la Société des Ingénieurs civils dans la séance du 2 décembre 1892 (1).

Bulletin de février-mars 1893

De l'outillage des filés fins, par M. V. Schlumberger. Travail présenté à l'appui de la demande formulée par l'auteur pour l'obtention du prix XXII des Arts mécaniques.

Le rapport de la Commission conclut que l'auteur a entièrement rempli les conditions exigées et qu'il a droit à la récompense. Le principe du procédé est l'emploi de peignes extensibles à dents démontables variables de finesse pour séparer les fils les uns des autres et permettre d'obtenir, avec n'importe quel numéro de fil, une régularité d'enroulement sur ensouple absolument rigoureuse.

Rapport sur les **Travaux exécutés au Muséum d'histoire naturelle** depuis 1884, par MM. Mathieu-Mieg et G. Schneider.

Le réchauffeur à lessives pour cuves de blanchiment, système Scheurer Rott et Cie, par M. M. Lévy.

Ce sont des réchauffeurs tubulaires qui, pour la plus grande dimension, ont 0,80 m de diamètre et 3,70 m de hauteur avec 40 tubes à section [illegible] de 54/60. La circulation de la lessive s'opère par une pompe [illegible] du système Maginot. Le chauffage se fait par la vapeur. Une addition utile à cet appareil est le thermomètre enregistreur qui permet de maintenir les lessives au même degré de concentration. Ces réchauffeurs sont déjà adoptés par un certain nombre de blanchisseries qui l'ont vu fonctionner dans l'établissement de MM. Scheurer-Rott et Cie.

Vaporisage. Mesure de l'action destructive qu'il exerce sur le coton et sur la laine, par M. Albert Scheurer.

(1) Voir le mémoire dans le Bulletin de janvier 1893, p. 45.

Note sur la **fabrication du chlorate de soude.** — Pli cacheté déposé le 8 novembre 1881 par M. G.-A. Schœn.

Le procédé proposé consiste dans la préparation du chlorate de calcium, comme pour la fabrication du chlorate de potasse, et par la précipitation du chlorure et du chlorate de calcium par un sel de soude (sulfate, carbonate, etc.). Il se forme ainsi une solution de chlorure et de chlorate de soude. En concentrant jusqu'à l'ébullition, on fait déposer le chlorure qu'on enlève, et, en laissant refroidir, on obtient le chlorate cristallisé.

Note sur les **sulfoléates métalliques** et leur emploi comme mordants dans les couleurs vapeur, par M. Albert Scheurer.

Note sur une nouvelle **méthode pour préparer l'oxyde de chrome** par voie ignée, par M. H. Schœffer.

On calcine une pâte formée de bichromate de soude et de glycérine. Le résidu est de l'oxyde de chrome très divisé, qu'on lave et qu'on calcine de nouveau. On a de l'oxyde vert à un grand état de division qu'on peut employer pour la peinture, l'impression, etc. Cette réaction est d'une extrême simplicité et permet d'obtenir l'oxyde en poudre très fine sans les longs broyages et lavages nécessités par les autres procédés.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 13. — 1er *avril* 1893.

Installations électriques de la ville d'Altona, par Th. Stork.

Préservation de la poussière dans les établissements industriels, par R. Kohfahls.

Poutres continues avec panneaux triangulaires ou trapézoïdaux, par L. Vianella.

Cahiers des charges pour la fourniture des pièces métalliques pour ponts et charpentes.

Groupe de Hanovre. — Canal de la mer du Nord à la Baltique. — Règles pour la construction et le service des abattoirs. — Nouvelle machine frigorifique. — La machine R. Pictet et les expériences de Munich. — Expériences sur les surchauffeurs de vapeur.

Correspondance. — Étude d'une machine à vapeur. — Pompes auxiliaires pour machines à vapeur. — Proportion d'eau mélangée avec la vapeur.

N° 14. — 8 *avril* 1893.

Proportions des clapets des pompes, par M. Westphal.
Tables pour le calcul des ordonnées des arcs de cercle et exposé d'une méthode approchée pour le tracé des arcs de cercle, par J. Schmidt.
Nouveautés dans les machines-outils, par H. Fischer.
Groupe de Wurtemberg. — La plombagine et ses applications. — Distribution de vapeur à tiroir oscillant. — Table mécanique pour dessiner.
Variétés. — Travaux de l'établissement d'essais de Berlin en 1891-92. — Emploi de la magnésie pour la garniture des fours basiques.
Correspondance. — Fonctionnement compound dans les locomotives. — Progrès réalisés dans la construction du matériel roulant des chemins de fer.

N° 15. — 15 *avril* 1893.

Séparation des substances au moyen de l'air, par G. Herrmann.
Installations électriques de la ville de Copenhague.
Nouveautés dans les machines-outils, par H. Fischer (*suite*).
Constructions navales. — Nouvelle disposition des cloisons étanches, par Reed.
Question des honoraires des Ingénieurs dans les expertises judiciaires.
Groupe de Francfort. — Chute du pont de Mannheim. — Cinquième congrès international de la navigation intérieure à Paris. — Législation sur les petits chemins de fer.
Variétés. — Exposition universelle à Anvers en 1894. — Conférence pour l'unification des méthodes d'essais de résistance des matériaux, à Vienne, en 1893.

N° 16. — 22 *avril* 1893.

Notes d'un voyage d'études en Amérique, par A. Riedler.
Séparation des substances au moyen de l'air, par G. Herrmann (*fin*).
Moyens de prévenir les ruptures de longerons et les dommages aux culasses des locomotives et emploi des foyers en acier doux, par M. ...er.
Groupe du Rhin inférieur. — Filtres à sable de Hambourg. — Exposition de Chicago. — Accidents dans l'emploi des chaudières à vapeur.
Correspondance. — Règles pour l'établissement des chauffages à vapeur basse pression.

N° 17. — 29 *avril* 1893.

Machine à vapeur à distribution Radovanovic, par D. Nachemius.
Notes d'un voyage d'études en Amérique, par A. Riedler (*suite*).
Fours à coke Bauer, par Th. Bauer.
Nouveautés dans les machines-outils, par H. Fischer (*fin*).

Pas de vis métriques.

Groupe de Francfort. — Expériences sur le chauffage de l'Abattoir municipal de Francfort.

Groupe de Hesse. — Vapeur à quatre hélices et deux machines.

Bibliographie. — Nouvelles machines-outils pour le travail des métaux, par Th. Pregel. — Les machines à fraiser et leur rôle dans l'état actuel de la construction des machines, par W. von Knabbe.

Correspondance. — Proportion d'eau mélangée à la vapeur.

Variétés. — Exposition des Ingénieurs allemands à Chicago. — Agrafes en tôle ondulée pour l'assemblage des bois.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :
A. MALLET.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 9806-5-93. — (Encre Lorilleux).

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

MAI 1893

N° 5.

Sommaire des séances du mois de mai 1893 :

1° *Décès* de MM. Ch. Beaucerf, L.-E. Desmarest, E. Prove, Aug. La[illegible], le comte de Salis, Ch. Vaque. (Séance des 5 et 19 mai, pages 504 et 599) ;

2° *Décision* du Bureau et du Comité au sujet du procès-verbal de la séance du 7 avril. Séance du 5 mai, page 503) ;

Exposition d'hygiène à Dijon (Avis de l'ouverture d'une). Séance du 19 mai, page 600) ;

3° *Ouvrages reçus* (*Traité de la Machine à vapeur*, par M. Thurston. Analyse par M. G. Richard. — *Le Matériel agricole*, par M. A. Tresca. — *L'Industrie Textile*. (Séances des 5 et 19 mai, pages 596 et 601) ;

4° *Prix Hodgkins* fondé par la Smithsonian Institution de Washington. (Séance du 19 mai, page 600) ;

Unification des méthodes d'essai des matériaux (Conférence de Vienne [illegible]). Avis de la désignation de M. Belelubsky comme délégué de la Société. (Séance du 19 mai, page 600) ;

5° *Basses températures en chimie* (Le Rôle des), par M. R. Pictet. Lettre de M. Berthot. (Séances des 5 et 19 mai, pages 594 et 598).

8° *Participation aux bénéfices dans l'industrie* (Application pratique de la), par MM. Ch. Robert et Goffinon. Observations par MM. Balas, Buquet, Euverte, Féolde, Fleury, Gassaud, Remaury. (Séance du 19 mai), page 601 ;

9° *Téléphonie militaire* (La) et le système Charollois, par M. Ch. Haubtmann. (Séance du 19 mai), page 601 ;

Mémoires contenus dans le *Bulletin* de mai 1893 :

10° *Notes* 1° *Sur l'emploi de l'assemblage à glissière dans la construction des volants* ;

2° *Sur l'action des vents sur les ponts métalliques à poutres continues*, par M. Chaudy, pages 614 et 621 ;

11° *Note sur les appareils et machines à teindre*, par M. J. Garçon, page 627 ;

12° *Bibliographie*, par M. Gustave Richard, sur le *Traité de la machine à vapeur et Essais sur les machines à vapeur*, par le professeur Thurston, traduit de l'anglais, par MM. Demoulin et Bonnel, page 639 ;

13° Lettre de M. A. Mallet au sujet de l'ouvrage de M. le professeur Thurston *la Machine à vapeur*, page 648.

14° *Le Palais principal de l'Exposition de Lyon en 1894*, par M. A. Leger, page 651.

15° *Chronique*, n° 161, par M. A Mallet, page 656 ;
Comptes rendus, — page 669 ;

Pendant le mois de mai 1893, la Société a reçu :

33408 — De M. Desprez. *Port du Havre. Acquisition d'un remorqueur. Devis-programme* (in-4° de 13 p. autogr.). Le Havre, 1893.

33409 — *Nouvelle délibération contre le projet de Paris port de mer*, par la Chambre de Commerce de Rouen (petit in-4° de 4 p.). Rouen, L. Brière, 1893.

33410 — De la Compagnie générale des Conduites d'eau à Liège. *Die Wasserversorgung von Yokohama und Tokio* (in-4° de 11 p.). Berlin, 1893.

33411 et 33412 — De MM. Gauthier-Villars et fils, éditeurs. 1° *Principes de la machine à vapeur*, par Ed. Widmann (petit in-8° de 156 p.). 2° *Unités et étalons*, par Ch.-Ed. Guillaume (petit in-8 de 190 p.). Paris, Gauthier-Villars et fils, G. Masson, 1893.

33413 — De M. E. Sartiaux (M. de la S.). *Emploi des lampes à l'huile et application de l'électricité à l'éclairage des voitures du chemin de fer du Nord*, par E. Sartiaux et E. Jacquin (petit in-4° de 12 p. et 1 pl.). Paris, Veuve Ch. Dunod, 1893.

33414 — De M. D.-A. Casalonga (M. de la S.). *Projet de décentralisation de l'Exposition universelle française de 1900-1901* (petit in-8 de 34 p.). Paris, Chronique industrielle, 1893.

31415 — De M. G. Bouscaren (M. de la S.). *Restoration of the Cable Ends of the Covington and Cincinnati Suspension Bridge* (in-8° de 10 p. et 4 pl.). New-York, 1893.

31416 et 31417 — De M. H. de Blonay (M. de la S.). 1° *Note sur une nouvelle méthode forestiere, dite du contrôle de M. Ad. Gournaud* (in-8° de 15 p.); 2° *Equation de la courbe d'accroissement des arbres* (in-8° de 4 p.). Lausanne, 1892.

31418 à 31430 — De M. M. Demoulin (M. de la S.), par MM. Baudry et C^ie^. 1° *Traité de la machine à vapeur*, par R.-H. Thurston (2 vol. gr. in-8° de 838 p. et 998 p.); 2° *Manuel pratique des essais de machines et chaudières à vapeur*, par R.-H. Thurston (gr. in-8° de 198 p.). Paris, Baudry et C^ie^, 1893.

31431 — De M. Blum de Lamotte. *Éclairage des mines par l'électricité* (petit in-4° de 12 p. autogr.). Paris, 1892.

31432 — De M. E.-S. Auscher (M. de la S.). *Origine géologique des eaux minérales naturelles du bassin de Vichy* (in-8° de 17 p.). Paris, J.-B. Baillière et fils, 1892.

31433 — De l'University of the State of New York. *Forty-fourth annual Report of the Regents for the year 1890* (in-8°). Albany, 1892.

31434 et 31435 — De la même. *Bulletin of the New York State Museum*, *vol. I*, n^os^ *1 à 6*, *vol. II*, n^os^ *7 à 10* (in-8°). Albany, 1888 et 1890.

31436 — De la même. *Memoirs of the New York State Museum*, *vol. I*, n° *1*, *october 1889* (in-4°). Albany, 1889.

31437 — De M. Ed. Bibas, par M. Baudry. *Traité pratique de la fabrication de la cellulose* (in-12 de 311 p.). Paris, Baudry et C^ie^, 1893.

31438 — De M. Pinel (M. de la S.). *Résumé d'expériences faites pour démontrer les fausses indications que donnent les niveaux d'eau à tube de verre lorsqu'ils sont mal montés* (petit in-8 de 7 p.). 1893.

31439 et 31440 — De M. Maurice Dufourmantelle. *Code manuel de droit industriel* (2 vol. in-12 de 287 p. et de 264 p.). Paris, A. Girard et E. Brière, 1893.

31441 — De M. D.-A. Casalonga (M. de la S.). *Discours prononcé au cimetière du Père-Lachaise, le 14 avril 1893, aux obsèques de M. Charles Armengaud jeune* (petit in-8° de 6 p.). Paris, *Chronique industrielle*, 1893.

31442 — De M. Canovetti (M. de la S.). *La ferrovia del Sempione* (petit in-8° de 19 p.). Firenze, 1893.

31443 à 31462 — *Documents sur le 1^er^ Congrès de navigation intérieure*. Paris, Lahure, 1892.

31463 — De M. H. Hersent (M. de la S.). *Murs de quais du pont de Bordeaux* (grand in-4° de 16 p. avec 1 pl.). Paris, Chaix, 1893.

31464 — De M. N. Belelubski (M. de la S.). *Laboratoire de mécanique de l'Institut impérial de Saint-Pétersbourg. Rapport pour l'année 1891-1892* (in-8° de 24 p.). Saint-Pétersbourg, 1893.

33445 — De M. Alfred Guy (M. de la S.). *Les famines périodiques en Algérie et d'un moyen d'y porter remède* (in-8° de 19 p.). Paris, A. Challamel, 1893.

33446 — De M. Alfred Trésca (M. de la S.). *Le matériel agricole moderne. Tome I : Instruments d'extérieur de ferme* (petit in-8° de 331 p.). Paris, Firmin-Didot, 1893.

33447 — De M. Charles Robert. *Guide pratique pour l'application de la participation aux bénéfices* (grand in-8° de 354 p.). Paris, Chaix et Guillemain, 1892.

Les membres nouvellement admis pendant le mois de mai 1893 sont :

Comme membres sociétaires, MM. :

G.-J. Balas,	présenté par MM.	Jousselin, Chalon, de Dax.
F.-M. Balme,	—	Delrez, A. Drouin, Lenicque.
O.-E.-M. Baudon de Mony,		de Chasseloup-Laubat, Carimantrand, Lévi.
E.-H. Bourgeois,	—	Jousselin, Bonnassiès, de Montgolfier.
L.-P.-G. Chevrillon,	—	Charton, J. Fleury, F. Reymond.
Ch. Cleiren,	—	Bourdon, Vigreux, Falconnet.
L. Demerliac,	—	Cacheux, Féolde, de Nansouty.
G. Grobot,	—	Jousselin, Bonnassiès, de Montgolfier.
P.-C.-A. Guy,	—	Jousselin, Ch. Herscher, de Dax.
C. Komodzinski,	—	Bélélubski, Herzenstein, Timonoff.
G.-S. Lordereau,	—	Jousselin, Arrault, Pierron.
H. Marchais,	—	Bonnassiès, Jousselin, de Montgolfier.
G.-F.-J. Marion,	—	Bernheim, Casevitz, Rousselle.
P.-V. Masson,	—	Jousselin, E. Chabrier, de Dax.
J.-L.-A. Ostermann,	—	Bernheim, Carcenat, Forest.
P.-L.-J.-E. Roux,	—	Boire, Béliard, Greiner.
V. Sallenave,	—	Jousselin, Gassaud, Krieg.
A. Thomas,	—	Bougault, Bourdet, Mallet.

Comme membre associé, M. :

D. Augé, présenté par MM. Jousselin, Chassevent, Niclausse.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE MAI 1893

Séance du 5 mai 1893.

PRÉSIDENCE DE M. P. JOUSSELIN, PRÉSIDENT

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté après une observation de M. Duroy de Bruignac concernant la réponse de M. Gassaud à laquelle il faudrait ajouter à son avis « pour dispenser de la publication du texte de la communication ».

Au sujet du procès-verbal de la séance du 7 avril, M. LE PRÉSIDENT donne lecture de la délibération prise par le Bureau et confirmée par le Comité :

Vu l'article 60 du règlement (procès-verbal ;

Ensemble les articles 80 et 81 (comptes rendus) ;

Après avoir pris connaissance :

1° De la correspondance échangée entre M. le Président et M. Duroy de Bruignac ;

2° Du procès-verbal de la séance du 7 avril rédigé par M. le Secrétaire servant à la séance et approuvé par M. le Président ;

3° Des notes de la sténographie ;

4° Du résumé préparé par M. Duroy de Bruignac lui-même pour le procès-verbal et remis par lui à M. le Secrétaire ;

5° Des épreuves d'imprimerie du procès-verbal communiquées à ce jour et retournées par lui avec ses propres corrections ;

6° Du texte de sa communication,

Décide que la communication de M. Duroy de Bruignac sera déposée à la Bibliothèque, à la disposition des membres de la Société que la question intéresse, conformément au règlement et à la lettre de M. le Président du 11 avril.

M. LE PRÉSIDENT propose, en outre, à l'assemblée de voter l'adoption définitive du procès-verbal de la séance du 7 avril tel qu'il a été publié et adopté sous réserve à la séance du 21 du même mois.

Le procès-verbal de la séance du 7 avril est adopté.

M. le Président a le regret d'annoncer le décès de MM. :

Beaucerf, Charles, membre de la Société depuis 1855 ; a été Ingénieur au chemin de fer Victor-Emmanuel.

Desmarest, Louis-Emile, membre de la Société depuis 1882 ; s'est occupé d'études de chemins de fer à voie étroite, et a construit et aménagé la section tunisienne à l'Exposition de 1878.

Prové, Emile, ancien président du Tribunal de commerce de Liège et administrateur gérant de la Société anonyme des Boulonneries de Liège ; était membre de la Société depuis 1890.

M. le Président dépose la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance ; il signale en particulier un ouvrage de M. le Professeur Thurston sur la *Machine à vapeur*, traduit par M. Demoulin et formant trois volumes offerts par M. Baudry à la Société. M. Gustave Richard se propose de faire à la prochaine séance un résumé de cet intéressant travail.

Il signale aussi le volume VIII de *l'Industrie textile*, offert cette année comme les années précédentes, par notre collègue M. Flavien.

M. Raoul Pictet a la parole pour sa communication sur *le Rôle des basses températures en chimie.*

Deux méthodes se présentent pour expliquer le rôle des basses températures en chimie : la première consiste à exposer des faits observés et à en tirer des déductions ; la seconde, qui est synthétique, consiste à réunir un grand nombre d'expériences pour en constater la loi. C'est la deuxième méthode qui va être employée, car elle est la plus brève ; elle reposera sur certaines hypothèses simples, desquelles on déduira des faits dont la confirmation expérimentale sera la justification.

Quelles relations rattachent entre eux les trois domaines de la science expérimentale : l'astronomie, la physique et la chimie ?

La première loi de l'astronomie, établie par Newton, est que les corps s'attirent avec une force directement proportionnelle à leur masse et en raison inverse du carré de leur distance. Quelle est la cause ou la nature de cette force ? Peu importe ; il suffit de constater que tous les calculs basés sur cette hypothèse donnent des résultats justifiés par l'expérience. Il est donc permis de s'en servir. Or, si on considère deux atomes, l'un fixe, l'autre mobile dans l'espace, le second tombera sur le premier ; mais, alors que, d'après la loi de Newton, ils devraient finir par se trouver en contact, réunis par une force infinie, la physique nous apprend qu'il n'en sera pas ainsi, car les corps solides, liquides ou gazeux sont susceptibles d'être fractionnés. La loi newtonienne se modifie donc pour passer de l'attraction astronomique, dite gravitation, à l'attraction physique, dite cohésion. A quelle distance les lois de l'attraction cessent-elles d'être conformes à celles de la gravitation ? C'est là que se place notre première hypothèse.

L'étude des mathématiques apprend que les fonctions se composent généralement d'un certain nombre de termes, dont les premiers sont prépondérants, les autres n'ayant d'importance que quand on aborde l'étude des infiniment petits d'ordre supérieur. Or, la gravitation peut

être considérée comme constituant les premiers termes de cette fonction, tandis que, dans la cohésion, les termes de second ordre interviennent et s'opposent à ce que les deux atomes viennent en contact absolu. En se basant sur les expériences de Lamé, confirmées par Lippmann, on peut admettre, et c'est là une première hypothèse, que la résistance représentée par ces termes est due à l'éther qui entoure chaque atome et s'oppose à leur rapprochement en vertu du principe d'Archimède.

Ces phénomènes peuvent être représentés graphiquement par une courbe dans laquelle on prendra pour abscisses la distance des atomes et pour ordonnées la force qui les attire. Cette courbe, qui est asymptote à l'axe des x, s'élève progressivement à mesure que l'atome mobile se rapproche du fixe, puis s'infléchit lorsque les sphères d'éther viennent en contact, et, après avoir passé par un maximum, prend une valeur nulle et coupe l'axe horizontal lorsque la résistance du rapprochement devient égale à l'attraction. Il y a alors équilibre. Si on rapproche les corps, la résistance de l'éther les éloigne; si on les sépare, l'attraction les rapproche. De là, la conception des mouvements oscillatoires, origine des mouvements calorifiques dont les effets mécaniques se traduisent par les trois états : solide, liquide et gazeux.

Les importants ouvrages de Clausius, de Carnot, de Bertrand, etc., sur les gaz ont montré que les phénomènes calorifiques sont liés aux questions de dynamique; dans l'étude actuelle, il faut chercher leurs relations avec le mouvement des molécules

Les atomes gazeux O et A, rapprochés jusqu'à la position d'équilibre, constituent, avec l'éther qui les entoure, la molécule liquide; si on lui en adjoint une autre C, composée également de deux atomes B et E, il y a attraction entre les divers éléments : il se forme des couples; on se trouve en présence du corps solide. Si, maintenant, on laisse un grand nombre de molécules liquides se juxtaposer librement, elles se grouperont suivant un axe déterminé et formeront la cristallisation; tout liquide passant normalement à l'état solide donnera naissance à un cristal. On voit donc là que l'expérience justifie l'hypothèse admise.

Cet ensemble est constitué par des molécules arrivées à l'équilibre de leur potentiel attractif; le corps n'a donc aucune quantité de travail disponible, il n'a pas de force vive, il est au zéro absolu. Si on vient alors à le frapper en deux points opposés avec deux marteaux de même poids, ayant même force vive pour lui communiquer de l'énergie, les molécules prendront un mouvement d'oscillation vibratoire et décriront dans l'espace des ellipsoïdes dont l'intersection par les plans d'axe seront des ellipses, en désignant par F la force d'attraction qui se développe, et par L le grand axe de cette ellipse, le travail de la force intérieure sera Fl.

Si on convient, d'autre part, d'appeler chaleur spécifique la force F, et température l'amplitude d'oscillation L, on a l'explication complète de toute la thermodynamique.

Les lois de Newton nous apprennent que si, à une certaine distance du sol, on imprime aux corps divers, quelle que soit leur nature et leur composition, une certaine impulsion, ils continueront leur mouvement

dans l'espace sans retomber. Par analogie, le même phénomène doit se produire pour la cohésion ; c'est ce que l'expérience vérifie.

En effet, les corps fondent tous pour une même longueur d'oscillation calorifique.

Ces diverses vérifications constituent autant de preuves en faveur de l'exactitude de la première hypothèse ; on peut donc dès maintenant aller au delà et chercher la limite qui sépare les phénomènes physiques et chimiques. Nous allons voir que c'est justement le point où la courbe des forces attractives coupe l'axe horizontal et où la cohésion est remplacée par l'affinité.

Que se passera-t-il si on cherche à rapprocher davantage les deux atomes. On peut le déduire des lois de la gravitation et de la pesanteur. Quand on descend un corps à l'intérieur des couches terrestres, il perd de son poids par suite de l'attraction extérieure des couches supérieures jusqu'au moment où les deux attractions se feront équilibre ; par analogie, si on rapproche les deux molécules au delà du point d'équilibre de la cohésion, la résistance à vaincre ira d'abord en augmentant, puis à un certain moment elle diminuera de toute la valeur attractive des couches pénétrées, et enfin elle deviendra nulle. La courbe, après avoir franchi un minimum, repassera par zéro ; il y aura équilibre instable, l'affinité commencera.

Mais il faut bien remarquer que c'est là une hypothèse qu'il importe de vérifier. Quelle est donc la première conséquence à tirer de cette explication des phénomènes chimiques ? C'est que tous ces phénomènes chimiques doivent commencer par un travail négatif pour lequel il faut fournir de la chaleur ; il ne pourra donc s'en produire aucun à la température où les corps n'ont aucune énergie, c'est-à-dire au zéro absolu, ou plutôt à la température où les oscillations ellipsoïdales sont insuffisantes pour faire rapprocher les molécules jusqu'à la position critique du second équilibre toujours instable.

L'expérience vient encore prouver l'exactitude de ces déductions.

M. R. Pictet le prouve au moyen des expériences suivantes : Il met en contact un morceau de sodium et de l'acide chlorhydrique à 30°, refroidis tous deux à — 80° environ au moyen d'un mélange d'acide carbonique solide et d'éther ; aucune réaction ne se produit, tandis qu'à la température ordinaire, la réaction est si vive qu'elle est accompagnée d'une explosion.

Mais à mesure que la température s'élève, l'action commence et va en augmentant progressivement jusqu'au moment où se produit l'explosion.

Il se passe alors une succession de phénomènes analogues à celui de l'évaporation qui précède l'ébullition, et qui sont dus à ce que toutes les molécules n'ayant pas en même temps des oscillations égales, quelques-unes atteignent le point de combinaison avant que tout l'ensemble du corps ne s'y trouve.

Pour permettre de suivre l'expérience, l'image du morceau de sodium plongé dans l'acide chlorhydrique est projetée sur un écran et M. Raoul Pictet fait remarquer que, contrairement à ce qu'on aurait pu croire, le fer de la pince qui retient le morceau de sodium est attaqué à une température plus basse que le sodium lui-même.

Enfin, une expérience analogue est faite simultanément avec un morceau de marbre plongé dans l'acide chlorhydrique.

Après ces expériences, l'orateur explique comment il a été amené à établir une théorie sur les corps inorganiques par comparaison avec les phénomènes qui se présentent dans la fécondation des êtres organiques, d'après les importantes études de MM. Hermann Foll et Camille Pictet. L'être nouveau est en effet formé par la pénétration de deux cellules, le zoosperme pénétrant au travers du protoplasma de la cellule femelle et marchant à la rencontre du nucleus, se soude avec lui pour donner naissance à l'être nouveau.

Il résulte de ce qui précède que toute réaction chimique ayant deux produits, l'une négative, l'autre positive, sera toujours la différence de ces deux quantités ; les explosifs sont les corps qui, dès qu'on les déplace de leur équilibre atomique, se détendent sous l'impulsion de l'énergie emmagasinée à l'inverse des corps endothermiques qui absorbent toujours de la chaleur pour se décomposer.

La calorimétrie est donc devenue le complément obligé de toute expérience de chimie.

M. Raoul Pictet expose ensuite comment, par l'emploi des basses températures, on peut arriver à déterminer l'action des divers corps les uns sur les autres en produisant un réchauffement progressif et notant les températures auxquelles chacun d'eux commence à agir. Pour rendre les expériences plus visibles, on excite les oscillations atomiques au moyen de l'étincelle électrique.

En mettant en contact, aux températures ordinaires, de la naphtaline avec un mélange d'acide sulfurique et d'acide azotique, on ne produit que des composés α de la nitronaphtaline. Si, au contraire, on opère à très basse température, on obtient les résultats curieux suivants :

50 0 0 d'α nitronaphtaline fondant à 61° ;
25 0 0 d'α dinitronaphtaline ;
10 0 0 de β dinitronaphtaline ;
12 0 0 de naphtaline non transformée.

Jusqu'à présent on n'avait obtenu la β dinitronaphtaline que par l'état transitoire de la dinitro α naphtylamine.

Il y a là toute une série d'études à faire, mais elles demanderont des années.

Comment enfin peut-on, au moyen des basses températures, obtenir des corps absolument purs, du chloroforme par exemple ? Trois méthodes se présentent :

Faire cristalliser les matières étrangères qui cristallisent à une certaine température, et les séparer par décantation le chloroforme pur, ou au contraire faire cristalliser ce dernier et le séparer du liquide surnageant ; enfin, on peut produire la distillation à basse température dans une atmosphère raréfiée.

M. Raoul Pictet soumet à l'assemblée des échantillons ainsi obtenus : cette pureté se reconnaît au moyen de l'acide chromique employé comme réactif ; il présente également de l'éther sulfurique pur. On comprend l'intérêt qu'offrent ces expériences au point de vue médical, puisqu'elles permettent de n'employer que des matières d'une pureté

irréprochable qui diminue considérablement les chances d'accident dans leur emploi. « Si l'on peut fonder cette fabrication en France, ce sera pour moi un grand plaisir, dit-il, et je serai heureux de m'associer à cette œuvre. » *(Applaudissements.)*

Enfin, M. Raoul Pictet distribue des échantillons de parfums contenant les matières les plus volatiles obtenues par la distillation aux basses températures au moyen de pompes faisant le vide au 1/50 de millimètre. Ils pourront contribuer à la recherche de la nature des parfums qui n'est pas encore connue.

En terminant, M. Pictet se met à la disposition de ses collègues pour fournir tous les renseignements complémentaires qu'ils voudront lui demander. *(Applaudissements prolongés.)*

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Pictet de son beau travail qui a excité l'admiration de tous ses auditeurs et demande si quelqu'un désire poser quelques questions.

M. TRÉLAT répond qu'après une communication aussi intéressante on ne peut qu'applaudir. *(Nouveaux applaudissements.)*

La séance est levée à 11 heures.

Séance du 19 mai 1893.

PRÉSIDENCE DE M. P. JOUSSELIN.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Au sujet du procès-verbal de la précédente séance, M. le Président fait donner lecture de la lettre suivante qu'il a reçue de M. P. Berthot :

« Paris, le 18 mai 1893.

» MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

» Je viens vous prier de communiquer à la Société ces courtes observations au sujet de la dernière séance.

» La Société a bien voulu, en 1886, accorder la Médaille d'or au Mémoire intitulé : *Des forces mutuelles et de leurs applications aux phénomènes mécaniques, physiques et chimiques*, que je lui avais présenté dans la séance du 6 novembre 1885.

» Dans ce Mémoire je donnais l'équation très simple d'une courbe embrassant la formule de Newton, ainsi qu'un grand nombre de lois appartenant à la mécanique moléculaire, à la physique et à la chimie. J'y établissais mathématiquement les régions où commençaient et finissaient ces sciences. J'indiquais notamment qu'aucune réaction chimique ne peut avoir lieu sans le concours de forces extérieures suffisantes.

» Il y a donc des points de corrélation très nets entre mon mémoire et les brillantes expériences de M. Pictet, et il m'a semblé que la distinction même dont la Société a bien voulu honorer mon travail m'obligeait à lui présenter ces observations que je n'ai pu faire verbalement à la fin de la dernière séance.

» Veuillez agréer, etc. »

M. LE PRÉSIDENT ajoute que le Mémoire auquel M. Berthot fait allu-

... et qui se trouve dans les *Bulletins* de la Société reproduit la courbe ... la formule de Newton et en l'étudiant on reconnaît qu'elle a une ... analogie avec celle que M. Raoul Pictet a exposée avec une si ... clarté.

Il ne s'agit pas, du reste, d'une réclamation de priorité, mais on voit avec satisfaction que la Société a déjà abordé ces intéressantes questions.

M. Cassanova demande si la conférence de M. Raoul Pictet sera ... au *Bulletin*.

M. le Président répond qu'on attend le texte que M. Raoul Pictet a promis d'envoyer.

M. le Président a le regret de faire part du décès de MM. :

Vaque, Charles, membre de la Société depuis 1887 ; a été ingénieur ... de fer de la province de Buenos-Ayres, professeur à l'Université de cette ville et membre correspondant de la Société pour la ... de la République Argentine. Notre collègue J. Durupt a retracé ... les émus la carrière si bien remplie de Vaque dans quelques ... d'adieu prononcés devant son cercueil le 14 mai 1893.

La Salle, Auguste ; était ingénieur civil manufacturier, il fut un des ... de la Société en 1848 et fit partie du comité de 1851 à 1855 ; ... était retiré à Kriens, en Suisse.

Le comte de Salis, membre de la Société depuis 1880 ; il nous fit plusieurs communications importantes sur l'application des procédés du génie civil à l'agriculture ; président de la section de Génie rural à la Société des Agriculteurs de France, il occupait à Beauvais une situation prépondérante.

Il y a à peu près un mois M. de Salis a présenté une communication ... l'Exposition agricole de 1893 aux Champs-Élysées ; il avait exposé ... idées avec beaucoup de charme et une grande élévation d'esprit ; ... sort laissera un grand vide.

La Société était représentée à ses obsèques par notre collègue M. Ala..., administrateur délégué du Gaz de Beauvais, qui a prononcé sur ... les paroles suivantes :

« Messieurs,

« Au nom de la Société des Ingénieurs civils de France, dont le président, malade, m'a demandé de le remplacer en cette triste occasion, ... l'honneur de dire le dernier adieu ici-bas à l'un de ses membres ... plus anciens, au comte Paul de Salis, dont la mort foudroyante a ... notre ville.

« C'était d'ailleurs un condisciple à moi, car il y aura quarante ans ... octobre que nous nous sommes rencontrés sur les bancs de Sainte-Barbe. M. de Salis les quitta pour passer à l'École Centrale et termina ses études d'ingénieur à l'École des Ponts et Chaussées en qualité ... élève externe.

« Bien qu'une belle fortune eût pu le dispenser de tout travail, il était attiré par l'industrie et spécialement par la mécanique. Pendant assez longtemps il se consacra aux pompes centrifuges, qui ne sont pas, certainement, sans lui devoir quelques-uns de leurs progrès.

« Les joies de la famille, les intérêts de ses concitoyens, surtout ceux

» des pauvres, absorbèrent ensuite la majeure partie de son temps. Il » devint l'âme des Sociétés utiles et savantes, où l'élégance et la facilité » de sa plume étaient appréciées à leur juste valeur.

» Mais les temps sont changeants et des nuages traversent parfois les » existences les plus fortunées ; seulement c'est le propre des caractères » d'élite de se trouver toujours à la hauteur des circonstances. Une » heure vint où le comte de Salis dut reprendre son crayon d'ingénieur » et où on le rencontra, se rendant à Paris, par tous les temps, le por- » tefeuille sous le bras. Je ne m'avance pas trop en affirmant que pour » lui, homme du devoir, ces moments de labeur suivi ont compté parmi » les meilleurs de son existence.

» En ces derniers temps où il pouvait se désintéresser de tout souci » matériel, l'idée ne lui vint jamais d'abandonner ses chères études. » Aucune des questions qui sont du domaine de l'ingénieur ne lui était » étrangère, et il s'apprêtait à faire partie de l'excursion que notre » Société prépare à l'Exposition de Chicago, quand la mort, l'impi- » toyable mort qui frappe en aveugle, a fauché ce travailleur, cet » homme de bien.

» Au nom de la Société des Ingénieurs civils de France, en mon nom » personnel, je présente à la comtesse de Salis et à sa famille les » compliments de condoléance les plus respectueux ; à vous, mon cher » de Salis, je dis au revoir dans un monde meilleur. »

M. le Président propose d'envoyer à sa famille désolée l'expression de notre sympathie. *(Approbation unanime.)*

M. le Président dépose la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance dont la liste est jointe au procès-verbal. Il donne ensuite connaissance d'une lettre de M. Bélélubski, professeur à Saint-Petersbourg, au sujet du Congrès qui doit se tenir à Vienne pour l'unification de la méthode d'essai des matériaux.

Le Comité propose de nommer M. Bélélubski comme délégué de la Société à ce Congrès ; ce sera une bonne fortune pour elle que de se trouver aussi bien représenté. *(Approbation.)*

M. le Président informe que la Smitshonian Institution de Washington propose, à la suite d'une donation de M. Thomas-Georges Hodgkins, quatre prix, savoir :

1° Un prix de 50 000 *f* s'appliquant à une découverte rationnelle et importante de la nature et des propriétés de l'air atmosphérique ;

2° Un prix de 10 000 *f* pour la recherche des propriétés connues de l'air considéré dans ses rapports avec chacune des sciences naturelles ;

3° Un prix de 5 000 *f* pour le meilleur traité populaire sur l'air atmosphérique, ses propriétés et son utilisation (hygiène, physique et morale) ;

4° Enfin une médaille qui portera le nom de Hodgkins médaille.

Les renseignements sont déposés au Secrétariat.

Enfin nous sommes avisés de l'ouverture de l'Exposition d'Hygiène organisée à Dijon pour le 12 juillet prochain. Le commissaire général est un ingénieur, M. Pignant ; les membres de la Société qui voudront y prendre part pourront donc s'adresser à lui.

M. G. Richard a la parole pour faire l'analyse de deux ouvrages du professeur Thurston intitulés : *Traité de la machine à vapeur* et *Essais des machines et chaudières à vapeur*, traduits de l'anglais par MM. Demoulin et Auguste Roussel.

M. le Président remercie M. Richard de son intéressant travail qui sera reproduit *in extenso* au *Bulletin* à l'article *Bibliographie*.

M. A. Tresca a ensuite la parole pour offrir à la Société le premier fascicule de son ouvrage sur *le Matériel agricole* ; il espère avoir terminé le second volume avant la fin de l'année et se fera un plaisir de le présenter aussitôt à la Société.

Après avoir remercié M. Tresca, M. le Président donne la parole à M. Ch. Haubtmann, pour sa communication sur *la Téléphonie militaire* et plus spécialement sur le système du capitaine Charollois. *Cette communication sera reproduite in extenso au Bulletin.*

M. le Président remercie M. Haubtmann de sa très intéressante communication et adresse ses compliments à M. le capitaine Charollois qui se trouve dans la salle.

Ses appareils sont simples, ingénieux, ils paraissent donc avoir les qualités nécessaires pour remplir le but dans lequel ils ont été imaginés.

C'est avec un vif plaisir qu'il voit dans la salle plusieurs représentants des plus distingués de l'armée française, car ils reconnaîtront que la Société des Ingénieurs civils porte un grand intérêt à tout ce qui peut développer par la science les moyens employés pour la défense nationale.

M. Charles Robert, ancien conseiller d'État, a la parole pour la communication qu'il a consenti à faire, à la demande du Président, sur *les applications pratiques du principe de la participation aux bénéfices dans l'industrie.*

Il remercie d'abord la Société des Ingénieurs civils de lui avoir demandé une conférence sur la participation. Il rappelle que, dans une réunion tenue en mars dernier chez MM. Muller et Roger pour fêter l'union du capital et du travail, M. Jousselin a dit que les ingénieurs sont les instruments tout désignés de l'union entre patrons et ouvriers.

Entrant en matière, le conférencier dit que sur le rapport de M. Cresse, conseiller à la Cour de Cassation, la participation aux bénéfices a été reconnue légitime par le Congrès de 1889 qui a pris la résolution suivante : « Le Congrès international est d'avis que la convention librement consentie par laquelle l'ouvrier ou l'employé reçoit une part déterminée d'avance des bénéfices est conforme à l'équité et aux principes essentiels du droit primitif. » De plus, l'article 13 du projet de loi actuellement soumis à la Chambre des députés, et déjà voté par le Sénat, autorise et reconnaît la légitimité du contrat de participation en ces termes :

« Tout commerçant, industriel ou agriculteur, toute Société commerciale, industrielle ou agricole, peut attribuer ses ouvriers ou employés à participer aux bénéfices de l'entreprise, sans que cet engagement

entraine, pour les participants, aucune responsabilité en cas de perte. » Ce point étant donc établi, il est inutile d'y insister et l'orateur passe immédiatement à l'étude des moyens pratiques de réaliser la participation. Il y a trois points principaux à envisager :

1° Quelle sera la part à donner ?

2° Le patron pourra-t-il conserver son autorité légitime ?

3° Quel sera l'emploi de la participation réservée aux ouvriers ?

Sur le premier point il y a divers systèmes de fixation du quantum, mais le principe général est qu'on s'efforce de donner la participation proportionnellement à la valeur des concours apportés.

Il y a des maisons, notamment l'association du Familistère de Guise, appareils de chauffage, au capital de 4 600 000 francs, avec 1 351 ouvriers et employés, où le partage se fait au marc le franc entre les intérêts du capital engagé et les salaires d'une année, ce qui avantage trop la part du travail ; il y en a d'autres, par exemple, la fonderie de caractères Deberny et Cie, où la proportion s'établit entre le capital tout entier, d'une part, et le salaire d'une année seulement, de l'autre.

Dans un autre système, très intéressant, pratiqué depuis longtemps à Paris par l'entreprise de peinture Leclaire où le capital n'a qu'un intérêt de 5 0/0, et en Hollande par M. J.-C. Van Marken, on pense qu'il vaut mieux ne pas donner de dividende au capital, mais lui payer un intérêt très fort, jusqu'à 15 0/0 au besoin, s'il court de grands risques, et se borner à partager les bénéfices entre le talent des chefs et le travail des subalternes.

En somme, il y a une foule de combinaisons possibles pour lesquelles on consultera avec fruit l'ouvrage de M. Albert Trombert, secrétaire de la Société de participation, intitulé : *Guide pratique de la Participation aux bénéfices*, dont le conférencier dépose un exemplaire sur le bureau, à titre d'hommage à la Société des Ingénieurs civils.

Comment distribuer aux ouvriers la part qui leur revient ?

Tantôt on institue le partage au marc le franc ; dans d'autres maisons on majore les appointements et salaires d'après le grade ou l'ancienneté ; ailleurs, on prend en considération le zèle des employés. Il y a, en Amérique, une Société de Participation, comme à Paris, appelée *Association for the promotion of Profit Sharing*. Elle a une grande importance et publie, à Boston, un recueil spécial : « Employer and Employed ». Le numéro d'avril 1893 explique le mode de participation d'une maison de l'État d'Indiana où l'on fabrique des instruments de musique. On partage les bénéfices entre ceux qui ont le mieux travaillé. Sur 203 employés, il n'y en a que 124 qui participent aux bénéfices. D'après ce système, on ne participe aux bénéfices que quand on a contribué, par sa capacité et son zèle, à les faire réaliser. On a reparti, à l'inventaire dernier, 74 150 *f*. Le patron a déclaré que cette addition faite par lui au salaire n'a pas diminué ses profits, qu'il a, au contraire, gagné 45 000 *f* de plus que l'année précédente. L'auteur ajoute que 98 des ouvriers ont des familles à leur charge et que, parmi ceux-ci, 52 sont propriétaires de leur habitation. Ainsi, dans cette maison, participent seuls aux bénéfices ceux qui auraient mérité d'être mis sur une espèce de tableau d'honneur.

Le second point est celui de la conservation de l'autorité patronale.

Il ne faut pas d'équivoque, il ne faut pas que la participation accordée au personnel lui suggère l'idée qu'il va pouvoir s'immiscer, soit dans la gestion de tous les jours, soit dans la confection des inventaires de fin d'année. Ce serait la méconnaissance des règles essentielles et fondamentales de toute administration régulière. Le chef de maison doit rester sans entraves les attributions gouvernementales de l'industrie ; il faut qu'il conserve toute liberté de nommer ou de congédier les employés et les ouvriers, en un mot, qu'il puisse garder la plénitude de commandement. Il ne faut, à aucun prix, permettre l'ingérence active du personnel dans la direction. Cette ingérence n'est pas tolérée quand il s'agit d'actionnaires qui engagent leur argent, à plus forte raison ne doit-elle pas l'être quand il s'agit d'ouvriers.

Ici se présente, dit le conférencier, la question du contrôle des comptes, pratiqué dans quelques maisons d'une façon très sérieuse. C'est le contrôle amiable par arbitre expert nommé d'avance par le patron et les participants ; c'est le système établi par mon collègue et ami M. Él. Goffinon, qui donnera tout à l'heure sur ce point des explications. Les patrons autorisent, d'accord avec les ouvriers, un homme compétent à regarder les livres et à vérifier les comptes, mais qui est tenu par le secret professionnel ; il doit simplement dire : les comptes sont parfaitement établis, cela a été fait loyalement, l'inventaire est exact. Ce système n'a rien d'impraticable ; la loi permet d'y recourir. Dans ces conditions, le problème est résolu. On peut donc établir le contrôle des comptes, sans violer le principe de la liberté patronale.

La troisième question principale que soulève la participation est celle du mode d'emploi. La participation établie, que va devenir la part des ouvriers ? Il y a deux systèmes ; le premier est celui de la liberté absolue d'emploi, la distribution en espèces, très pratiquée en Angleterre et en Amérique. Ce système a des avantages et des inconvénients. Malheureusement, tous les milieux ouvriers ne sont pas au même degré de civilisation, et dès qu'apparaît aux mains de l'ouvrier une somme disponible, le monstre avide guette cette pâture : c'est le cabaret ! Dans beaucoup de régions françaises, et aussi à l'étranger, la question se pose entre l'alcoolisme et la prévoyance. Si on livre la participation en espèces à un personnel mal préparé, on aura fait en vain de grands sacrifices. Au lieu d'aboutir à une belle évolution pacifique, on aura peut-être agi avec mal, car, trop souvent, l'emploi de cet argent sera mauvais ; il ne servira pas à la famille, mais à la débauche. Il faut, au contraire, concentrer tous ses efforts sur les institutions de prévoyance.

Le conférencier considère le développement de ces institutions comme absolument lié aux progrès de la participation contractuelle ou surtout purement discrétionnaire, car on ne peut songer à imputer sur frais généraux toutes ces œuvres excellentes de mutualité, d'assurance, d'épargne : il faut en prendre les ressources sur la réserve que la participation peut créer.

Le même que « l'Association des industriels de France contre les accidents de fabrique » (3, rue de Lutèce) protège l'ouvrier contre les

blessures et la mort, de même il faut trouver un moyen de préserver l'ouvrier contre la misère future ; il faut travailler à la paix sociale en empêchant la misère de naître.

M. Charles Robert expose qu'en traitant la question du mode d'emploi des produits de la participation, on est ainsi amené par la force même des choses, à passer en revue presque toutes les institutions dont l'ensemble constitue l'économie sociale. Elles sont trop peu connues. Les livres qui les font connaître devraient être dans toutes les mains, à la portée de tout le monde. Il y a là une belle tâche d'enseignement pratique et de bonne vulgarisation à accomplir.

On peut réunir un certain nombre de documents peu encombrants et qui constituent, pour ainsi dire, la balle du colporteur d'économie sociale ; ils fournissent tous les renseignements nécessaires à l'établissement des institutions de prévoyance. Il y en a trois séries.

La première s'applique aux ouvriers valides ; elle comprend d'abord les indications relatives au logement, aux habitations ouvrières salubres et à bon marché. Voici un modèle de statuts d'une Société d'habitations ouvrières, qui fait partie des publications de la « Société française des habitations à bon marché », 15, rue de la Ville-l'Évêque. Viennent ensuite la nourriture : pain, vin, viande, épicerie ; l'éclairage, le chauffage, le vêtement, qui rentrent dans la compétence des Sociétés coopératives de consommation. Pour l'organisation et l'administration de ces Sociétés, il y a un Guide rédigé par M. Clavel, président de l'Union coopérative des Sociétés françaises de consommation, 10, rue de Nesles.

Enfin le crédit est nécessaire à l'ouvrier. Pour former des Sociétés coopératives de crédit on peut s'adresser à la « Société pour la propagation du Crédit populaire en France », 17, boulevard Saint-Martin. Si un groupe d'ouvriers veut trouver des modèles pour fonder une association coopérative de production, il peut écrire, 80, rue de Bondy, à la « Chambre consultative des Associations ouvrières de production ».

Pour les ouvriers malades ou blessés, une seconde série de documents concerne, en première ligne, les Sociétés de secours mutuels qui comptent environ 1 500 000 membres et font à la fois œuvre de science et de philanthropie. On trouvera la 21e édition de leurs statuts modèles au Ministère de l'Intérieur, 7, rue Cambacérès. Quant à la réparation du dommage causé par les accidents du travail, je me borne à citer en passant la « Caisse d'assurances nationales en cas d'accidents », garantie par l'État, les Compagnies d'assurances privées contre les accidents et à mentionner le projet de loi et les propositions de loi discutés hier même à la Chambre et relatifs « aux responsabilités des accidents dont les ouvriers sont victimes ainsi qu'à l'organisation de l'assurance obligatoire ». Certaines personnes peuvent regretter de voir l'État intervenir directement dans cette dernière question, mais la faute n'en est-elle pas aux patrons eux-mêmes, dont un trop grand nombre ne se préoccupent pas assez du sort de leurs ouvriers ?

Enfin, pour aider l'ouvrier dans sa vieillesse, on consultera dans la troisième série les tarifs de la « Caisse nationale des retraites pour la vieillesse ». On trouve à la Caisse des Dépôts et Consignations, 56, rue de

L..le, les documents suivants : Instruction pratique à l'usage des déposants : — Extrait détaillé, a l'usage des deposants et des intermédiaires, des instructions concernant la Caisse nationale des retraites ; — Tarif au taux 3 1 2 0 0 d'après la table de la Caisse nationale des retraites.

Une objection grave, que l'on fait souvent aux caisses de retraites ... des usines et des Compagnies,est celle de la decheance : lors- ... un ouvrier quitte un etablissement, le plus souvent les reglements ...tablissent la decheance. Certaines maisons ont résolu la difficulté en ... nant des livrets de la Caisse de retraite de la vieillesse. L'ouvrier ... va avec le livret et l'entretient, s'il veut, dans une autre maison ; ...ors, il n'y a pas de déchéance et l'ouvrier ne peut plus pretendre qu'il ...st spolie.

En dehors de la maladie, des accidents et de la vieillesse, on doit ...hercher a créer un patrimoine. Il y a plusieurs moyens. D'abord le livret ...endaire de la Caisse d'épargne, qui sert à ses déposants 3 0 0, et celui de la Caisse d'epargne postale, qui sert 2,75 0 0 ; vient ensuite le livret ...ividuel, ouvert au compte de chaque ouvrier ou employe, sur lequel ... capitalisent, à intérêt composé, les produits des retenues et de la parti...pation. Enfin, M. Charles Robert met sous les yeux de la reunion une ...ce d'assurance mixte sur la vie qui, moyennant une prime annuelle ... 146,50 *f*, assure a un employe âgé de vingt-trois ans et demi un ...ital de 5000 *f* payable a lui-même dans trente-deux ans, s'il est ...ant à cette date, ou a ses heritiers aussitôt apres son deces, s'il meurt ...vant l'echeance fixee. La moitié de la prime est prélevee sur la parti...pation, l'autre est payee sur frais generaux.

Il y a quelque chose a dire aussi des placements industriels qui doi...nt aboutir, pour l'ouvrier, a la copropriété du capital social de l'usine. La Chambre est saisie de plusieurs propositions de loi tendant a faire ...minuer le montant obligatoire de l'action, afin de permettre l'acces... du capital industriel aux ouvriers, au personnel. C'est une manière ...ttacher le personnel a l'etablissement. Il s'agit de faire de l'ouvrier petit actionnaire. Avant même le vote de ces propositions, il y a ... des exemples tres intéressants : par exemple le Familistere de Guise ... conferencier montre un des titres intitule « *Certificats d'inscrip... d'epargne* », et la papeterie cooperative d'Angoulême où, sur un ...ital de 4 320 000 *f*, les employes et ouvriers possedent 1 783 000 *f*.

L'Assemblee generale des mines de Lens vient de fractionner en cen... les actions de 1 000 *f* qui valent aujourd'hui 28 000 *f* ; un cer... nombre de parts de 280 *f* pourront etre donnees aux ouvriers les ...

En terminant, l'orateur rappelle qu'a l'occasion de l'Exposition de ...go, il y aura dans cette ville au mois d'aout prochain un Congres ...national consacre a la participation aux benefices. Les promoteurs ... Congres sont des hommes considerables. D'abord, M. le colonel ... D. Wright, Commissaire du departement du Travail ; M. F.-A. ...er, qui est le premier economiste d'Amerique, correspondant de ...stitut ; M. le Rev. Nicholas P. Gilman, secretaire de la Societe de ...cipation, et un grand industriel, M. N. O. Nelson, qui a un etablis... metallurgique considerable, avec participation et copropriete, a

Saint-Louis du Missouri et qui est venu en France étudier les institutions de la maison Leclaire et du Familistère de Guise. Il a créé, en Amérique, un village qu'il a appelé Leclaire, nom du peintre en bâtiments de la rue Saint-Georges.

Prié par la *Société pour l'étude pratique de la participation aux bénéfices de Paris* de la représenter au Congrès de Chicago, M. E. Levasseur, membre de l'Institut, a bien voulu accepter cette mission.

« Ce sera, écrivait-il, le 28 avril, un honneur de représenter la Société au Congrès et une occasion de répéter que la participation aux bénéfices est, en principe, un mode de rémunération tout à fait conforme aux règles de l'économie politique libérale et que, si en fait, elle est d'une application difficile et d'un progrès jusqu'ici lent, elle constitue néanmoins, là où elle est possible, un des moyens les plus équitables, peut-être le plus équitable, d'intéresser l'ouvrier au succès de l'entreprise et de le récompenser dans la mesure même du succès. »

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Charles Robert de son éminent travail : il vient de faire une conférence des plus intéressantes, qui touche de près les questions sociales. M. Goffinon, vice-président de la Société de Participation, a la parole pour faire une communication supplémentaire sur deux points spéciaux.

M. GOFFINON dit qu'il désire présenter le résultat des observations et des expériences qu'il a pu faire dans la pratique de ce système d'organisation du travail libre.

Ces observations sont nombreuses, mais elles peuvent se réduire à trois principales particulièrement intéressantes :

1° Faut-il, de la part des chefs de maisons ou d'établissements, considérer cette organisation comme un acte de philanthropie ? N'est-il pas plus exact de l'appeler organisation d'économie de production ?

2° L'apprentissage et l'enseignement professionnel ne doivent-ils pas être une des plus grandes préoccupations des chefs d'industrie ? La participation aux bénéfices se prête-t-elle à la réalisation de ce problème ?

3° La convention contractuelle entre le patron et son personnel préoccupe les hommes les plus éclairés qui ont étudié le système au point de vue de la nécessité d'empêcher l'ingérence dans la direction et l'administration de leur exploitation. La pratique du contrôle des comptes par un arbitre-expert nommé d'avance par tous les participants en Assemblée générale annuelle n'est-elle pas de nature à aplanir toute inquiétude sur ce point ?

En ce qui concerne le premier point, faut-il considérer la participation comme aussi favorable aux intérêts de l'entreprise qu'à ceux des participants ? Devenu chef de maison en 1852 et n'ayant à cette époque d'autre exemple dans l'industrie du bâtiment que celui de la maison Leclaire, entrepreneur de peinture, M. Goffinon n'a été en mesure d'organiser la participation, en fait, dans sa maison d'entreprise de travaux publics, spécialité de couverture et plomberie, qu'en 1862, statutai-

rement, en 1872, ce qui fait voir que cela n'a pas été établi à la légère.

Pendant cette période déjà longue, et à laquelle s'ajoute celle de la gestion de ses successeurs, il a pu constater qu'il y avait une différence sensible en faveur de l'entreprise depuis que, au lieu de ne travailler qu'avec des indifférents, il avait des collaborateurs intéressés.

C'est ici, dit M. Goffinon, qu'il faut vous indiquer, ce que vous constaterez dans un grand nombre de statuts que vous trouverez au Guide pratique (fait par le dévoué secrétaire de notre Société, M. Trombert), que dans la plus grande partie des maisons qui ont organisé la participation, notamment la première, celle de M. Leclaire, et la nôtre, tous les ouvriers ne sont pas participants au même titre ; il y a un noyau dont les membres jouissent d'avantages particuliers.

Dans la pratique de ce système, par l'obligation toute naturelle portée aux statuts de mon ancienne maison industrielle, il faut, pour pouvoir devenir participant, indépendamment d'autres qualités, notamment le savoir professionnel, avoir trois ans de services ininterrompus avec respect des règlements.

Avec ces conditions, il se fait encore naturellement dans la pratique une sélection entre les ouvriers à conduite régulière, les plus capables, aimant la stabilité, et ceux qui préfèrent rouler d'ateliers en ateliers, sans préoccupation du présent ni inquiétude pour leur vieillesse. La première catégorie de ces travailleurs devient le noyau dit des participants collaborateurs de l'entreprise, tout désignés avec l'autorité nécessaire pour aider les patrons à diriger leur maison.

Il est ainsi formé, avec ces participants, des cadres aussi utiles à la bonne direction et administration d'une affaire qu'ils sont indispensables à une armée forte par son organisation et sa discipline.

En dehors des participants du noyau, il peut être accordé une part à tout le personnel, mais en conservant toujours une distinction entre les uns et les autres.

Pour arriver à obtenir des prix de revient exacts dans notre industrie, il nous faut une comptabilité complète, ce qui nous a permis de constater les services rendus et les dépenses sur lesquelles nos participants nous avaient réalisé des économies, ce sont : 1° l'emploi de la matière première ; 2° une plus grande somme de soins apportés au matériel fixe ainsi qu'au matériel roulant, et par ce fait réduction des accidents ; 3° la main-d'œuvre ; 4° enfin, les participants savent qu'en donnant toutes satisfactions à la clientèle, ils l'augmentent.

Enseignement professionnel. — Apprentissage. — L'organisation de la participation favorise-t-elle l'apprentissage ?

Comme dans la maison Leclaire, qui nous a servi d'exemple pour notre constitution, nous avons fondé une école professionnelle qui donne les meilleurs résultats, grâce à la stabilité du personnel obtenue par la participation aux bénéfices.

Sur ce point important de l'enseignement professionnel, les avis sont partagés. Certains préfèrent l'enseignement dans les écoles profession-

nelles, d'autres donnent la préférence à l'apprentissage dans l'atelier privé comme autrefois, mais avec la liberté. Je suis de l'avis de ces derniers. Au point de vue du savoir professionnel comme pour créer aux travailleurs de toutes les catégories une famille industrielle, rien, jusqu'à nos jours, n'a encore remplacé l'apprentissage d'atelier.

M. Balas, ingénieur, l'un de mes successeurs, le disait dans une récente communication qu'il faisait à la Société d'études pratiques de la Participation. Le tableau graphique produit par la maison à l'Exposition de 1889, sur les résultats obtenus, mérite d'être consulté; M. Balas en mettra des exemplaires à la disposition de ceux d'entre vous qui désireraient en prendre connaissance.

Le reproche mérité qui était adressé à l'apprentissage d'atelier ne saurait être fait à la maison Leclaire, devenue Redouly et C^ie^, à celle de l'imprimerie Chaix, à celle de Barbas, Tassart et Balas, et autres. C'est que dans les écoles professionnelles municipales, du gouvernement ou privées, il était enseigné *la théorie*, en même temps que la pratique, aussi bien à l'apprenti du travail manuel qu'à l'élève employé, tandis que dans l'atelier privé les patrons se bornaient à enseigner la pratique. Aujourd'hui beaucoup de chefs d'industrie sortant des écoles Polytechnique, Centrale ou des Arts et Métiers, ont compris l'importance de l'enseignement professionnel et ils l'ont complété en établissant des cours théoriques.

Le contrôle des comptes par arbitres-experts. — Avec le contrôle par arbitres-experts faut-il encore redouter l'ingérence des participants?

La question de l'ingérence des participants dans la direction générale, dans l'administration et dans l'établissement des inventaires de fin d'exercice a été une des plus grosses objections qui aient été faites au sujet de la participation aux bénéfices. Notre Société, pour répondre aux objections, mettant en pratique son titre de *Société pour l'étude pratique*, a résolu de faire expérimenter le contrôle des comptes suivant une méthode indiquée par son président, et j'ai été chargé de demander à mes successeurs, MM. Barbas, Tassart et Balas, d'en faire une application, si possible, ce qu'ils ont accepté.

Si vous consultez leurs statuts, vous y verrez les détails de l'organisation qui fonctionne sans avoir rencontré aucun inconvénient depuis 1884. Ce que vous n'y verrez pas, et qui est un détail pouvant vous intéresser, c'est ce qui suit: lorsque ces messieurs ont demandé aux participants de nommer un arbitre-expert pour venir contrôler tous les éléments d'inventaire, ceux-ci ont d'abord énergiquement refusé, déclarant qu'ils n'avaient aucune raison d'accomplir un acte de défiance de ce genre envers la sincérité des comptes dont ils n'avaient jamais douté. Il a fallu leur expliquer le but poursuivi: ce but était un exemple à produire, et ce ne fut qu'après cette explication qu'ils ont consenti à nommer l'expert contrôleur des comptes, en le choisissant parmi ceux inscrits au tableau du Tribunal du département de la Seine, ou anciens experts. M. Alfred Rivière, architecte-expert, a été nommé à l'unanimité la première année, mandat qui lui a été renouvelé chaque année par un même vote des participants.

Depuis la date ci-dessus, plusieurs maisons qui ont organisé la participation ont imité cet exemple.

Un autre fait particulier s'est produit : les ouvriers participants d'un de mes anciens confrères et concurrents, la maison Thuillier frères, m'ont fait l'honneur, en ma qualité d'ancien expert au Tribunal, de me choisir pour arbitre-expert, fonction que je remplis depuis quatre ans. Ce mandat m'a été également renouvelé chaque année à l'unanimité des participants.

Cette mission consiste simplement à vérifier la comptabilité lorsque les écritures de fin d'exercice sont arrêtées et à constater que la balance est juste. Cette vérification faite, nous examinons les documents d'inventaire composant l'actif et le passif; nous voyons surtout les amortissements faits sur les frais d'installations nouvelles, sur l'outillage et sur les mauvaises créances, enfin les réserves qui ont été jugées nécessaires par les patrons. Après, nous assistons à l'Assemblée générale pour venir dire aux participants que nous avons tout vu, tout vérifié; nous leur déclarons que toutes les opérations ont été loyalement faites, et que la part prévue aux statuts leur a bien été attribuée. Nous n'avons à nous livrer à aucun commentaire : le secret professionnel nous interdit de communiquer à qui que ce soit ce que nous avons vu.

En terminant, Messieurs, permettez-moi de remercier la Société des Ingénieurs civils de nous avoir fourni l'occasion d'expliquer à des hommes éclairés ce que nous croyons très sincèrement être une question digne d'être examinée par vos sociétaires si compétents.

Il me reste à vous dire que sur les trois questions dont je vous ai entretenus, si vous désirez, pour un complément de renseignements, me poser des questions, je crois être en mesure d'y répondre au point de vue pratique.

M. le Président remercie M. Goffinon qui a si bien complété la communication de M. Charles Robert et montré comment, grâce à l'expert, on peut détruire toute méfiance chez les ouvriers.

M. Gossinon insiste sur ce point que les ouvriers sont parfois très contents puisqu'il en a vu refuser le contrôle qu'ils considéraient comme un manque de confiance vis-à-vis de leur patron.

M. Renaury, qui a vécu pendant trente-trois ans avec les mêmes ouvriers, n'a jamais eu de difficultés avec eux, parce qu'ils n'étaient pas en proie aux idées qui travaillent actuellement l'esprit public. Mais il lui semble difficile d'arriver, d'une manière générale, à *l'âge d'or* que vient de dépeindre M. Charles Robert. Ainsi, pour les mines de Lens, il craint bien que les actions remises aux ouvriers ne passent aux mains des cabaretiers.

Consulté récemment pour l'organisation d'une houillère, il a proposé un système qu'il soumet à la Société et dans lequel il a grande confiance : il consiste à réserver immédiatement à côté du capital social des parts de fondateur destinées aux ouvriers. L'une moitié est accordée aux œuvres de bienfaisance, l'autre sera distribuée directement aux anciens ouvriers qui auront rendu les meilleurs services pendant cinq ou dix ans.

M. Euverte dit que ce n'est pas la première fois qu'il se rencontre avec M. Charles Robert ; il a eu l'honneur de le voir en 1869 à Saint-Etienne et il se plait à constater que, depuis lors, M. Charles Robert a fait œuvre d'apôtre, en ce qui concerne l'organisation de la participation aux bénéfices dans l'industrie.

Mais il est nécessaire, dans une question de cette importance, de bien préciser les conditions d'application des idées dont il vient d'être question ici.

Il est bien évident, par exemple, que la participation, pratiquée par la maison Leclaire et Desfourneaux, est le type caractéristique d'un cas particulier dans lequel cette participation est le seul moyen de s'assurer le concours d'ouvriers travaillant à l'état normal, loin de toute surveillance.

Il est donc incontestable que, dans la petite industrie, le principe de la participation aux bénéfices peut être appliqué avec grand avantage, mais il n'en saurait être de même dans la grande industrie.

Voici, par exemple, une Société d'exploitation de houille ; la production est de 400 000 *t* par an, le bénéfice sera de *800 000 f;* si l'on attribue 10 0/0 aux ouvriers, on aura *80 000 f*. Or, la main-d'œuvre totale sera, dans le cas particulier, de *2 400 000 f* au moins. La participation aux bénéfices donnerait donc, dans ce cas, 3 0/0 du bénéfice à l'ouvrier, à la fin de l'année !

La solution vraie, celle que nous avons défendue énergiquement, parce qu'elle est aujourd'hui attaquée avec un acharnement sans pareil, c'est le travail à la tâche, le travail au marchandage, pourvu qu'il soit établi sur des bases sérieuses et scrupuleusement observées.

M. Euverte ne saurait oublier dans cet ordre d'idées ce que lui disait, en 1853, l'un des plus grands industriels que la France ait connus, Eugène Schneider, fondateur du Creusot : « Si, dans vos relations avec » les ouvriers, vous vous êtes trompé à mon détriment, tant pis pour » moi ! Trompez-vous le moins possible, mais, dans tous les cas, ne man» quez jamais à la parole donnée. »

Si vous allez au Creusot aujourd'hui, vous trouverez les mêmes principes en honneur, et ainsi s'expliquera l'harmonie entre patrons et ouvriers qui existe dans ce magnifique établissement industriel.

C'est dans cette voie qu'il faut marcher, salaire progressif, en raison de l'effort fait par l'ouvrier ; donner à celui-ci une large part de l'amélioration résultant de son travail, telle est la loi véritable et rationnelle des relations entre le capital et le travail.

M. Fleury approuve entièrement ce que vient de dire M. Euverte et qui est le fruit d'une longue expérience et de longues études ; il lui semble que l'on peut très bien combiner ensemble le marchandage et la participation aux bénéfices. Mais il ne faut pas que cette dernière devienne un lien qui attache irrévocablement l'ouvrier ou l'employé à son patron par la crainte de la perte d'un droit à la retraite en cas de départ.

M. Charles Robert répond qu'il admet très bien les éloges décernés à un sursalaire qui tend à exciter le zèle de chaque ouvrier, mais la participation peut s'ajouter au salaire ainsi perfectionné. Quant à la

crainte de voir la participation devenir pour l'ouvrier une sorte de chaîne, l'emploi du livret de la Caisse des retraites pour la vieillesse qu'il a mentionné et qui n'entraîne pas la déchéance en cas de départ anticipé répond à la dernière objection de M. Fleury.

M. Bates dit que la statistique des résultats obtenus avec la participation aux bénéfices employée à créer des Sociétés de secours mutuels et d'apprentissage montre que 3/10 des apprentis s'établissent patrons; la participation aux bénéfices est donc l'école morale et professionnelle de l'ouvrier.

M. Gouvison emploie aussi la combinaison du marchandage et de la participation.

M. Everaerts, tout en reconnaissant les grands services que peut rendre la participation, la considère comme absolument impraticable dans la grande industrie.

Au point de vue de l'assurance contre les accidents, il vient de se produire en France un fait considérable. La grande industrie métallurgique française s'est constituée, il y a deux ans, en Société d'assurance mutuelle assurant aujourd'hui 61 millions de francs de salaires. Cette Société fait face à toutes les difficultés avec une dépense ou cotisation qui ne dépasse pas 0,90 *p.* 0/0 des salaires payés dans leur industrie par les participants, et les frais d'administration ne représentent que 6 0/0 de cette dépense, alors qu'en Allemagne où l'assurance est faite par l'État, cette proportion s'élève à 12 0/0. On devrait donc engager toutes les grandes industries à suivre l'exemple de la Métallurgie pour éviter d'en arriver à l'assurance obligatoire par l'État dont nous sommes menacés en France.

M. Ftolde dit qu'il voit de grosses difficultés dans la participation aux bénéfices pour les grandes industries, surtout en ce qui concerne la désignation de l'expert choisi pour le contrôle des comptes. S'il y a scission entre les participants, les uns voudront un expert, les autres en voudront un autre, comment décider la question? Il faudra aller devant les tribunaux.

M. Gouvison. — Non; cela se fait, en Assemblée générale, à la majorité.

M. Ftolde. — Alors, des protestations s'élèveront et, finalement, on arrivera toujours à aller devant les tribunaux.

M. Charles Robert. — Non, les tribunaux n'ont rien à voir là dedans. Il n'y a rien de contentieux dans cette situation. Il s'agit d'appliquer les statuts, en procédant d'avance, pour l'inventaire prochain, à l'élection en Assemblée générale de l'expert arbitre proposé par le patron. C'est une simple question de majorité. Si ce candidat n'est pas admis par la majorité, le patron pourra en proposer un autre. A défaut d'entente, les statuts restant sans application, le règlement de participation serait très compromis dans son existence même.

M. [illegible]. — Le droit de participation dans une Société entraîne le droit à un dividende tous les ans s'il y a bénéfice. Qu'arrivera-t-il si un ayant droit n'a pas confiance dans l'expert?

M. Charles Robert. — Cet ayant droit sera contraint d'accepter le choix de la majorité et de se soumettre au règlement. S'il s'y refuse, il n'a qu'à se retirer.

M. Gassaud. — S'il s'agit d'employés commissionnés, on ne peut leur dire: — Retirez-vous ! — Par conséquent, ils ont droit de contrôler le dividende. Donc, pour cette catégorie spéciale d'employés, on pourra aller devant les tribunaux pour commettre un expert.

M. P. Buquet dit que dans toute Société industrielle ou financière, les choses ne se passent pas autrement que dans l'Assemblée de participants de la maison Goffinon. Les commissaires ou censeurs sont toujours élus par la majorité et la minorité s'incline ; sans cela, aucune organisation ne serait possible.

M. Gassaud. — Ici, l'expert doit être nommé d'un commun accord par deux parties associées.

M. P. Buquet, passant à un autre sujet, constate qu'il résulte de ce qui vient d'être dit dans cette séance à propos des accidents que tout le monde est d'accord sur la nécessité de se défendre contre l'intervention directe de l'Etat ; mais alors il faut que les industriels fassent ce qui doit être fait ; ce qu'on leur demande avec une conviction si ardente et une éloquence à laquelle nous venons de rendre, tous, un hommage si mérité.

Mais, en pratique, cela n'est pas toujours facile et le rôle d'un directeur ou d'un ingénieur devient parfois fort délicat.

Un patron, propriétaire de son usine, est absolument libre et ne doit compte de sa gestion à personne ; mais dans la grande industrie, généralement constituée sous forme anonyme, il faut compter avec un Conseil d'administration siégeant, le plus souvent, loin des établissements de l'exploitation et connaissant moins bien l'ouvrier, et aussi avec les actionnaires.

Les regards de ces derniers sont ordinairement tournés plutôt du côté de la *Bourse* que du côté de l'*atelier* et, surtout quand on arrive à une ère de bénéfices restreints, on peut éprouver beaucoup de difficultés à obtenir certains sacrifices.

M. Buquet sait bien qu'il y a de fort respectables exemples du contraire, aussi se garde-t-il bien de généraliser ; mais tant qu'ils resteront à l'état d'exceptions, il ne faudrait peut-être pas trop s'étonner de l'intervention de l'État, ni lui en vouloir. La bonne volonté des patrons peut seule l'empêcher.

En ce qui concerne l'Allemagne, aux réglementations de laquelle il a été fait allusion, M. Buquet dit qu'il a pu constater qu'elles semblent jusqu'ici donner satisfaction aux ouvriers et que, d'autre part — il doit bien le dire en passant — certains patrons ont vu, sans trop de déplaisir, l'Etat se substituer à leurs préoccupations et leur enlever une grande partie de leur responsabilité morale ; il relate le fait sans l'apprécier.

En résumé, une solution s'impose et si l'industrie ne va pas franchement et résolument de l'avant, on ne pourra guère se plaindre de l'intervention de l'Etat.

M. Euverte répond que, si un Conseil d'administration ne veut pas s'exécuter, la loi l'y oblige. Quand on aura voté la loi sur les accidents, il faudra bien payer les indemnités fixées par l'Etat.

On doit chercher le moyen d'avoir une assurance libre pour ne pas aller à l'Etat.

M. P. Bequet est, en principe, parfaitement d'accord avec M. Euverte ; il préférerait, à coup sûr, une assurance libre à toute caisse d'Etat, mais il craint que, dans bien des cas, ces désiderata ne restent à l'état de théorie.

M. Euverte constate que des hommes très distingués se sont occupés de cette question : M. Albert Gigot, notamment, qui a été le véritable fondateur de cette Assurance métallurgique, dont le succès est incontestable, et bien supérieur à ce que peut faire l'Etat.

M. le Président est obligé, en raison de l'heure avancée, de lever la séance, et le regrette en raison de l'intérêt qu'elle présente, grâce à M. Charles Robert et à M. Goffinon, auxquels la Société adresse tous ses remercîments.

La séance est levée à 11 heures et demie.

NOTES

SUR

L'EMPLOI DE L'ASSEMBLAGE A GLISSIÈRE

DANS LA CONSTRUCTION DES VOLANTS

ET SUR

L'ACTION DU VENT SUR LES PONTS MÉTALLIQUES

A POUTRES CONTINUES

Reposant sur colonnes ou sur piles élastiques

PAR

M. F. CHAUDY

Emploi de l'assemblage à glissière dans la construction des volants.

I. — Il est de toute évidence que dans l'établissement d'un projet de construction métallique, l'ingénieur doit chercher à se rapprocher le plus pratiquement possible de la condition d'égale résistance de la matière qu'il emploie. C'est en cherchant à satisfaire cette condition dans les volants de grandes dimensions que nous sommes conduit à proposer entre les bras et la jante un mode d'assemblage spécial qui sera décrit plus loin. Auparavant, il convient d'expliquer comment la jante se comporte sous l'action des forces qui la sollicitent. Nous supposons que l'action du poids propre de la jante est négligeable à côté de celle de la force centrifuge et nous ne nous occupons que de celle-ci. La jante étant soumise à un effort uniformément réparti sur toute sa longueur va subir une certaine déformation élastique; mais elle pourra conserver sa forme circulaire si elle n'est pas retenue par les bras. Or, d'une manière générale, la section transversale de la jante est rectangulaire et constante. Pour que chacune des fibres circulaires qui la composent soit d'égale résistance, il est absolument nécessaire que ces fibres soient encore circulaires

après la déformation. Ceci ne peut avoir lieu que si la jante n'est pas sollicitée par les bras, aux différents points d'assemblage de ceux-ci avec elle, par des forces centripètes. Il faut donc, pour obtenir l'égalité de résistance de chaque fibre de la jante, sous l'action de la force centrifuge, que chaque assemblage entre la jante et les bras soit un *assemblage à glissière*.

Ce premier point fixé, nous allons montrer que l'emploi d'un pareil assemblage a encore un autre avantage tout aussi sérieux que celui de l'égalité de résistance de la matière. En effet, lorsque les assemblages considérés sont rigides, il est assez difficile de tenir compte de l'influence des bras sur la jante. Aussi on néglige toujours cette influence, mais il suit de là qu'on ne se rend pas un compte exact des efforts moléculaires supportés par les différentes parties du volant, et des ruptures peuvent être la conséquence de ce défaut de calcul. Au contraire, si on adopte le mode d'assemblage à glissière, l'influence dont nous parlons n'existant pas, le calcul peut se faire simplement et rigoureusement. Il y a là deux qualités appréciables qui militent encore en faveur de l'assemblage que nous proposons.

On peut imaginer différents types d'assemblage à glissière. Celui que nous indiquons figure 1 est simplement réalisé par quatre

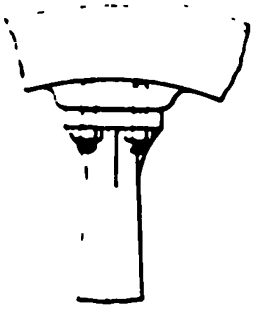


Fig. 1

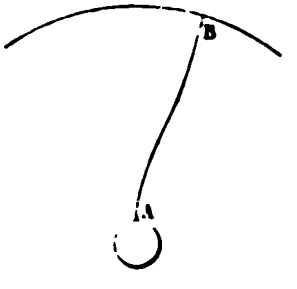


Fig. 2

tiges circulaires filetées à une extrémité et lisses à l'autre. La partie filetée s'engage dans la tête du bras formant écrou. Un contre-écrou pour chaque tige empêche le desserrage. La partie lisse s'engage dans un logement pratiqué dans une embase venue de fonte avec la jante. Au montage, les logements des tiges dans les bras et la jante sont alésés de manière que leurs axes coïncident bien entre eux, deux à deux.

La forme à donner aux bras n'est pas indifférente. Lorsque le

bras s'assemble d'une manière rigide à la jante, les moments fléchissants maxima se produisent aux extrémités A et B. Vers le milieu du bras, le moment fléchissant est nul, de telle sorte que la déformation se fait comme l'indique, en l'exagérant, la figure schématique 2. La forme d'égale résistance est donc celle repré-

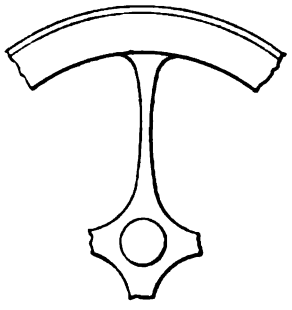


FIG. 3.

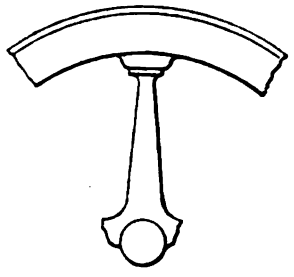


FIG. 4.

sentée figure 3. Or, dans tous les volants que nous connaissons, au lieu d'avoir donné aux bras, en B comme en A, une section maximum, c'est la section la plus faible qu'on a placée en cet endroit. Il n'y a donc rien d'étonnant à ce que des ruptures se produisent si fréquemment aux extrémités des bras.

Dans le cas d'un assemblage à glissière, le moment fléchissant en B est nul et il est maximum en A. C'est alors la forme de la figure 4 qui convient et elle ne convient que dans ce cas.

Anneau circulaire soumis à l'action de forces rayonnantes uniformément réparties. — La jante d'un volant assemblée à glissières est un anneau composé de fibres circulaires ayant chacune une résistance constante sur toute la circonférence sous l'action de la force centrifuge. Cette force a pour effet d'augmenter le rayon de chacune des fibres d'une certaine valeur ε, en sorte que l'allongement par mètre d'une fibre de rayon y est représenté par $\frac{\varepsilon}{y}$. Par suite, la résistance de cette fibre a pour expression :

$$\frac{E\varepsilon}{y} \cdot dx.dy,$$

en désignant par E le coefficient d'élasticité de la matière considérée.

La résultante de ces efforts moléculaires, pour une section transversale *abcd*, aura pour valeur :

$$E\ell \int dx \int \frac{dy}{y} \qquad (1)$$

Considérons une portion de jante comprise sous un angle α. Un élément de jante compris sous l'angle dx et de dimensions transversales dy et dr a pour volume :

$$y \,.\, dx \,.\, dy \,.\, dr,$$

s'il est situé à une distance y du centre. La force centrifuge agissant sur l'élément ayant la section transversale totale de la jante sera de la forme :

$$K d\alpha \int dx \int y dy \qquad (2)$$

Toutes ces forces centrifuges partielles, projetées sur l'axe oy', doivent donner une valeur égale à la projection sur le même axe de la force (1). Nous avons donc l'équation :

$$K \int dx \int y dy \quad E\ell \int dx \int \frac{dy}{y}$$

De là on tire ℓ. En portant sa valeur dans l'expression :

$$R \quad \frac{E\ell}{y}$$

on connaîtra la résistance par unité de surface de la fibre de

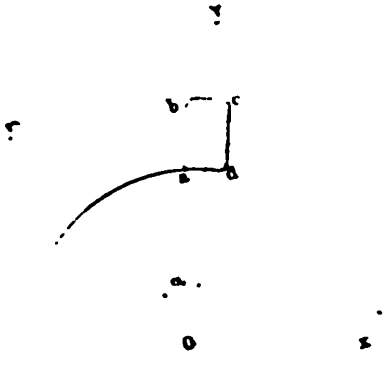


Fig. 5.

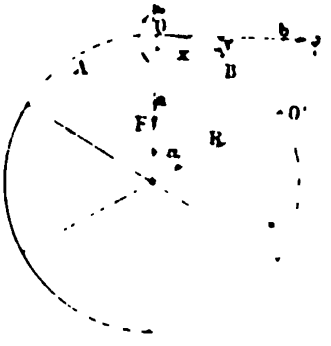


Fig. 6.

rayon y. On voit que la résistance ira en diminuant des fibres intérieures aux fibres extérieures.

Pour tenir compte du poids de la jante, on pourra ajouter les poids élémentaires de celle-ci aux forces (2).

II — L'étude de la résistance d'un volant avec assemblages

rigides des bras sur la jante conduit à l'examen de deux autres problèmes que voici :

Anneau circulaire soumis à l'action de forces rayonnantes distinctes et égales en des points également distants sur la circonférence. — Aux points d'application O, O′, etc., des forces F, les moments fléchissants μ sont égaux et les efforts tranchants ont pour valeur commune $\frac{F}{2}$ *(fig. 6)*.

Désignons par φ la compression longitudinale en O et exprimons que le moment fléchissant en O′ est égal à μ. Nous avons :

$$\mu + \varphi R(1 - \cos\alpha) - \frac{F}{2} R \sin\alpha = \mu$$

De là nous tirons :

$$\varphi = \frac{F \sin\alpha}{2(1 - \cos\alpha)}.$$

D'un autre côté, les sections O et B ne subissent aucun déplacement angulaire. Il en résulte que, dans l'intervalle OB, on doit avoir :

$$\int_0^{B} \frac{M}{EI} ds = 0$$

Or :

$$M = \mu + \frac{F}{2} \cdot x - \varphi \cdot y$$

Il s'ensuit que :

$$\mu = \frac{1}{s}\left[\varphi \int_0^{B} y ds - \frac{F}{2} \int_0^{B} x ds\right]$$

ou bien :

$$\mu = \frac{F}{2s}\left[\frac{\sin\alpha}{1 - \cos\alpha} \int_0^{B} y ds - \int_0^{B} x ds\right]$$

Ainsi, nous connaissons immédiatement les valeurs du moment fléchissant M, de la compression longitudinale N et de l'effort tranchant T dans une section quelconque entre O et B. Le dépla-

cement élastique δ du point O sera donné par l'équation du travail :

$$\frac{F}{2}\cdot\delta = \int_0^s \frac{M^2}{EI}\,ds + \int_0^s \frac{N^2}{S}\,ds + \int_0^s \frac{T^2}{GS}\,ds$$

Les déplacements élastiques des autres points se déduisent facilement de là et de la connaissance de M, N, T par l'application des formules générales connues.

Anneau circulaire soumis à l'action de moments égaux en des points également distants sur la circonférence. — Les moments M' agissant sur la jante d'un volant et provenant des bras peuvent être remplacés chacun par deux forces rayonnantes F ayant des directions opposées et telles que

$$M' = Fb,$$

la distance b dépendant précisément des dimensions transversales du bras en son point d'attache avec la jante (*fig.* 7').

Le problème posé se compose alors de deux problèmes identiques au précédent.

Les trois problèmes dont nous venons de donner les solutions permettent de résoudre la question de la recherche des résistances dans un volant à assemblages rigides.

Mais on va voir que cette question est loin d'être aussi simple que celle de la résistance du volant à assemblages à glissières. En effet, nous avons dit déjà que, pour un pareil volant, le premier des trois problèmes indiqués plus haut suffisait dans l'application. Si les assemblages sont rigides, il faut tenir compte des deux autres problèmes et raisonner ainsi :

1° La jante étant soumise à la force centrifuge, le point O subit un déplacement élastique rayonnant Δ. Sous l'action de la réaction — F du bras, ce même point subit un déplacement — δ. Enfin, sous l'action de la réaction M' du bras, il subit un déplacement — δ'. En définitive, le point considéré subit un déplacement élastique total représenté par :

$$\Delta - \delta - \delta'.$$

Dans cette expression entrent comme inconnues F et M'.

2° D'un autre côté, l'extrémité du bras subit un déplacement rayonnant total Δ' composé du déplacement dû à la force F, du

déplacement dû au couple — M′ et du déplacement dû à une certaine force tangentielle f dépendant de l'état de mouvement du système. Ici encore entrent dans Δ′ les inconnues F et M′.

3° Pour déterminer ces inconnues, il faut écrire, d'une part, l'égalité de Δ et de Δ′, et, d'autre part, l'égalité des déplacements angulaires de sections O de la jante et du bras.

Le lecteur doit être convaincu que le détail de toutes ces opérations doit demander un travail assez considérable. On pourrait, toutefois, le simplifier sans trop d'inconvénient en négligeant l'action du couple M′ sur la jante. Dans ces conditions, on aurait d'abord :

$$\Delta = \mathcal{E} - \delta.$$

Ensuite, en admettant pour le bras une section constante Ω de moment d'inertie i, on aurait :

$$\Delta' = \frac{Fl}{E\Omega} - 2f^2 \frac{\left(\frac{l}{2}\right)^3}{15(Ei)^2},$$

en désignant par l la longueur du bras comprise entre la circonférence extérieure du moyeu et la circonférence intérieure de la

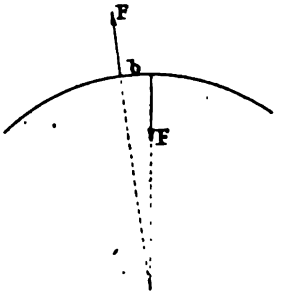


Fig. 7.

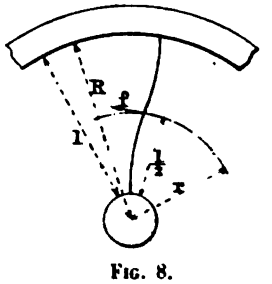


Fig. 8.

jante *(fig. 8)*. On aurait ainsi l'équation suivante pour déterminer F :

$$\varepsilon - \delta = \frac{Fl}{E\Omega} - 2f^2 \frac{\left(\frac{l}{2}\right)^3}{15(Ei)^2}.$$

Malgré cela, nous croyons qu'il est préférable d'employer l'assemblage à glissières.

III. — Chaque élément de jante de masse m et de rayon y sera

soumis à une force centrifuge mw^2y, en désignant par w la vitesse angulaire. Il faudra évidemment, dans le calcul, prendre la valeur maximum de cette vitesse.

L'effort f sera donné par la formule :

$$I.\frac{dw}{dt} = nfr.$$

Dans cette formule, I représente le moment d'inertie de la jante et des parties supérieures des n bras jusqu'à la circonférence de rayon r. On connaîtra $\frac{dw}{dt}$ en appliquant la formule :

$$I'\frac{dw}{dt} = \Sigma \mathfrak{M}\mathfrak{F},$$

dans laquelle I' représente le moment d'inertie de tout le système tournant et $\Sigma\mathfrak{M}\mathfrak{F}$ désigne la somme des moments, par rapport à l'axe de rotation, des forces extérieures connues.

Dans le cas des bras assemblés à glissières, la force f est appliquée à l'extrémité du bras et la formule à appliquer devient :

$$I\frac{dw}{dt} = nfR,$$

où I représente seulement le moment d'inertie de la jante.

Action du vent sur les ponts métalliques à poutres continues reposant sur colonnes ou sur piles élastiques.

Le règlement ministériel du 29 août 1891, relatif aux épreuves des ponts, prescrit de calculer les effets du vent sur les ponts et les piles métalliques. En ce qui concerne les ouvrages à poutres continues droites reposant sur colonnes ou sur piles élastiques, il est nécessaire, pour pouvoir déterminer les efforts intérieurs qui se produisent, sous l'action du vent, dans les membrures des poutres et dans les supports, de déterminer les réactions horizontales exercées par les piles élastiques sur les poutres. Le but de la présente note est de montrer comment on peut conduire le calcul.

Rappel de formules connues. — Il est nécessaire que nous rappelions d'abord quelques formules relatives au calcul des déplacements élastiques dans les poutres droites.

1° Poutre droite reposant sur deux appuis simples et soumise à l'action d'une charge transversale uniformément répartie p *par mètre courant.*

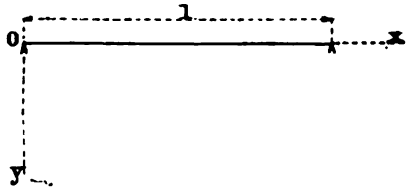


FIG 1.

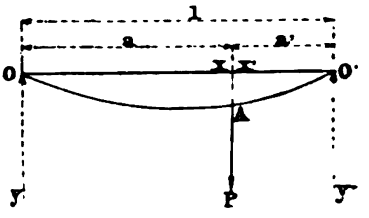


FIG. 2.

L'équation de la fibre moyenne est :

$$(1) \qquad y = \frac{pl^4}{24EI}\left(\frac{x}{l} - \frac{2x^3}{l^3} + \frac{x^4}{l^4}\right).$$

En particulier, pour $x = \frac{l}{2}$, on a :

$$(2) \qquad y = \frac{5pl^4}{384EI}.$$

2° Poutre droite reposant sur deux appuis simples et soumise à l'action d'une charge transversale unique P.

De O en A, l'équation de la fibre moyenne est :

$$(3) \qquad y = \frac{P}{EI}\cdot\frac{a^2a'^2}{6l}\left(2\frac{x}{a} + \frac{x}{a'} - \frac{x^3}{a^2a'}\right).$$

De O′ en A elle est :

$$(4) \qquad y' = \frac{P}{EI}\cdot\frac{a'^2a^2}{6l}\left(2\frac{x'}{a'} + \frac{x'}{a} - \frac{x'^3}{a'^2a}\right).$$

Dans le cas particulier où on fait $x = a$ ou $x = a'$, il vient :

$$(5) \qquad y = y' = \frac{P}{EI}\cdot\frac{a^2a'^2}{3l}.$$

3° Prisme droit de hauteur h *encastré à sa base, libre à son sommet et soumis à l'action d'un effort transversal uniformément réparti* p′ *par mètre courant.*

La flèche au sommet a pour expression :

$$(6) \qquad f = \frac{p'h^4}{8EI'}.$$

4° Prisme droit de hauteur h *encastré à sa base, libre à son sommet et soumis à l'action d'un effort transversal unique* P *appliqué au sommet.*

La flèche au sommet a pour expression :

$$f = \frac{Ph^3}{3EI'}. \tag{7}$$

Exposé de la Méthode. — On pourra quelquefois regarder le pont, fléchissant sous l'action du vent, comme une pièce prismatique à section constante. Les piles pourront aussi, dans certains cas, être considérées approximativement comme des prismes à section constante. On pourra alors faire le calcul des réactions contre piles par la méthode analytique. S'il n'est pas possible de supposer, sans trop s'éloigner de la réalité, que les pièces à étudier ont une section constante représentée par leur section moyenne, on aura recours au calcul graphique. Nous n'exposerons ici que le calcul analytique, car le lecteur connaissant cette méthode aura en sa possession tous les éléments suffisants pour faire un calcul graphique, s'il y a lieu. Il lui suffira, en effet, de tracer des lignes moyennes fléchies au lieu de résoudre les formules analytiques des déplacements élastiques que nous avons rappelées plus haut.

Soit $A_0A_1A_2\ldots A_{k-1}A_kA_{k+1}\ldots A_n$ une poutre continue droite de portée totale l, reposant librement à ses extrémités sur deux culées en maçonnerie. Intermédiairement elle repose, en $A_1A_2\ldots A_{n-1}$, sur $n-1$ piles élastiques de hauteur h. Nous représenterons par a_k et a'_k les distances d'un appui intermédiaire quelconque A_k aux deux points extrêmes de gauche et de droite ; par p la pression due au vent agissant sur 1 m courant de poutre ; par p' la pression par mètre courant de pile ; par R_k la réaction d'un appui intermédiaire quelconque d'indice k.

Nous avons à déterminer les $n-1$ réactions contre piles $R_1, R_2, \ldots R_{n-1}$. Pour cela, nous écrirons successivement que, en chaque appui intermédiaire du pont, le déplacement élastique de la ligne moyenne de celui-ci, estimé suivant la direction perpendiculaire au plan de la poutre, c'est-à-dire suivant la direction des efforts p et p' considérés, est égal au déplacement, estimé suivant la même direction, de l'appui considéré.

Considérons l'appui A_k. En ce point le déplacement élastique de la ligne moyenne du pont se compose :

1° Du déplacement positif dû au vent qui a pour expression (application de la formule 1) :

$$d_p = \frac{pl^4}{24EI}\left(\frac{a_k}{l} - \frac{2a_k^3}{l^3} + \frac{a_k^4}{l^4}\right);$$

2° Du déplacement négatif produit par la réaction R_1 (application de la formule 4) :

$$-d_1 = -\frac{R_1}{EI}\cdot\frac{a'^2_1 a_1^2}{6l}\left(2\frac{a'_k}{a'_1} + \frac{a'_k}{a_1} - \frac{a'^2_k}{a'^2_1 a_1}\right);$$

3° Du déplacement négatif produit par la réaction R_2 (application de la même formule 4) :

$$-d_2 = -\frac{R_2}{EI}\cdot\frac{a'^2_2 a_2^2}{6l}\left(2\frac{a'_k}{a'_2} + \frac{a'_k}{a_2} - \frac{a'^2_k}{a'^2_2 a_2}\right),$$

et ainsi de suite jusqu'au déplacement négatif produit par la réaction R_{k-1}, en appliquant toujours la formule 4. Ce déplacement a pour expression :

$$-d_{k-1} = -\frac{R_{k-1}}{EI}\cdot\frac{a'^2_{k-1} a_{k-1}^2}{6l}\left(2\frac{a'_k}{a'_{k-1}} + \frac{a'_k}{a_{k-1}} - \frac{a'^2_k}{a'^2_{k-1} a_{k-1}}\right).$$

A cette première série de déplacements viennent s'ajouter :

Le déplacement négatif produit par la réaction R_k (application de la formule 5) :

$$-d_k = \frac{R_k}{EI}\cdot\frac{a_k^2 a'^2_k}{3l};$$

Le déplacement négatif produit par la réaction R_{k+1} (application de la formule 3) :

$$-d_{k+1} = -\frac{R_{k+1}}{EI}\cdot\frac{a^2_{k-1} a'^2_{k+1}}{6l}\left(2\frac{a_k}{a_{k+1}} + \frac{a_k}{a'_{k-1}} - \frac{a_k^2}{a^2_{k+1} a'_{k-1}}\right);$$

Le déplacement négatif produit par la réaction R_{k+2} (application de la même formule 3) :

$$-d_{k+2} = -\frac{R_{k+2}}{EI}\cdot\frac{a^2_{k-2} a'^2_{k+2}}{6l}\left(2\frac{a_k}{a_{k+2}} + \frac{a_k}{a'_{k+2}} - \frac{a_k^2}{a^2_{k+2} a'_{k-2}}\right),$$

et ainsi de suite jusqu'au déplacement négatif produit par la

réaction R_{n-1}, en appliquant toujours la même formule 3. Ce dernier déplacement a pour expression :

$$-d_{n-1} = -\frac{R_{n-1}}{EI} \cdot \frac{a^2_{n-1} a'^2_{n-1}}{6l} \left(2 \frac{a_n}{a_{n-1}} + \frac{a_n}{a'_{n-1}} - \frac{a^2_n}{a^2_{n-1} a'_{n-1}} \right).$$

Exprimons maintenant le déplacement du sommet A_n de la pile. Si l'action du vent n'est pas négligeable sur celle-ci, on aura, en désignant par p' l'effort du vent par mètre courant et par I' le moment d'inertie de la pile (application des formules 6 et 7) :

$$d_{p'} = \frac{p' h^4}{8EI'} \cdot \frac{R_n h^3}{3EI'}.$$

En définitive, on a l'équation :

$$d_0 - d_1 - d_2 \ldots\ldots - d_{n-1} - d_n - d_{n+1} - d_{n+2} \ldots\ldots - d_{n-1} = d_{p'}.$$

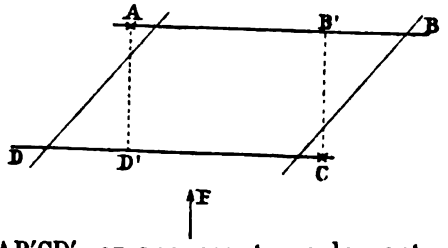
On écrira autant d'équations analogues qu'il y a de piles intermédiaires. Ce seront les équations du problème, équations du premier degré en fonction des inconnues, les réactions contre piles. Le lecteur pourra se proposer, comme application de cette théorie, de rechercher les expressions analytiques des réactions entre piles dans les cas de deux, trois, quatre ou un plus grand nombre de travées égales.

Nous n'étudions pas le cas des ponts continus encastrés à leurs extrémités, parce que, dans la pratique, on ne rencontre pas de grands ponts, pour lesquels il est nécessaire d'examiner l'action du vent, dont les poutres présentent ces encastrements. Au surplus, la méthode à employer dans ce cas serait identique à celle que nous venons de voir.

Remarque I. — Nous avons dit qu'on pourrait quelquefois regarder le pont, fléchissant sous l'action du vent, comme une pièce prismatique dont la ligne moyenne serait l'axe même du pont. Nous supposé que l'ouvrage est bien contreventé. Or, dans un très grand nombre de cas, le contreventement n'existe pas, car il ne faut pas compter absolument comme tel les assemblages des entretoises avec les poutres. Il faudra alors considérer le pont, non plus comme une seule et même pièce prismatique, mais comme un ensemble de pièces placées les unes contre les autres, chaque poutre étant représentée par une des poutres du pont. Toutes ces poutres ayant la même élasticité, il faudra prendre dans les calculs, pour moment d'inertie, la somme des moments d'inertie des poutres de rive et intermédiaires.

La même observation a lieu d'être faite en ce qui concerne les supports élastiques.

Remarque II. — Il arrive fréquemment que le pont à calculer est biais et que la surface couverte affecte la forme ABCD. Les points A et C étant fixés sur la maçonnerie des culées, on regardera le pont biais comme un pont droit recouvrant le rectangle AB'CD', en supposant que le vent agisse dans la direction de la flèche F.



Remarque III. — Les deux remarques précédentes sont évidemment applicables au cas des ponts à une seule travée.

APPAREILS ET MACHINES A TEINDRE

LES SOURCES DE DOCUMENTS

PAR

M. Jules GARÇON

Une monographie complète des appareils et machines destinés à la teinture des fibres textiles fournirait la matière de plusieurs volumes, si elle renfermait tous les dispositifs proposés jusqu'à ce jour. Les services qu'elle rendrait resteraient bien inférieurs à à la somme de travail énorme qu'elle demande. Sans doute on pourrait synthétiser cette étude, et n'exposer que les plus importants des dispositifs, ainsi que leurs principes généraux. Mais même présentée à ce point de vue restreint et plus pratique, une monographie des appareils et machines à teindre me semble devoir gagner à n'être écrite que dans quelques années, parce que les machines à teindre sont, en quelque sorte, dans une période de transformation ; plusieurs procédés mécaniques spéciaux, destinés probablement à un bel avenir, ne faisant que commencer à passer dans la pratique.

Mes notes ont pour objet de relever les sources bibliographiques qui sont susceptibles de fournir des indications utiles aux personnes s'occupant des machines à teindre. Bien que le sujet que je traite soit fort spécial, j'espère cependant que ces notes pourront rendre quelque service même aux personnes qui ne s'occupent pas de teinture, parce que plusieurs des sources de documents que j'indique embrassent, dans son entier, le champ si vaste de la science de l'Ingénieur.

Je donnerai en même temps un petit aperçu historique sur la machine à teindre et sur ses différentes adaptations.

***

L'industrie de la teinture est l'une de celles qui ont le plus profité du mouvement de progrès qui caractérise notre siècle et emporte

l'humanité nous ne savons vers quel avenir. La découverte des matières colorantes artificielles (1) a produit les modifications les plus profondes dans l'art de la teinture. Leur emploi a permis de synthétiser et d'unifier les méthodes ; il a donné aux procédés mécaniques une importance qu'ils n'avaient pas avant, et il a rendu plus facile la solution de deux problèmes des plus intéressants : d'abord la teinture des différentes fibres à leurs premiers états de préparation, comme celle du coton en mèches ou en canettes, et celle de la laine en bobines ; ensuite la teinture par production des couleurs sur la fibre elle-même, comme celle du coton en noir d'aniline, en rouge azo, en couleurs ingrain, ou en couleurs diamine diazotées et développées à nouveau.

Aussi ne faut-il pas s'étonner que le nombre des brevets d'invention pris en France pour perfectionnements dans la teinture atteigne depuis une dizaine d'années une moyenne de 150 par an. Les brevets pris pour de nouvelles machines à teindre sont en moyenne de 20 par an.

L'une des principales causes qui ont amené cette multiplication des recherches concernant les machines de teinture, c'est la grande facilité d'application que présentent les matières colorantes artificielles. Avec les anciens procédés qui exigeaient souvent des opérations longues, nombreuses, pleines de difficultés. les machines à teindre, lorsqu'on s'en servait, étaient fort simples. Quant à la période qui précède ce siècle, et même pourrais-je dire. la seconde moitié de ce siècle, elle ne fournit presque rien.

***

Et cependant aux époques les plus reculées dont l'histoire fasse

(1) C'est en 1856, au cours de recherches sur la synthèse de la quinine, que W. H. Perkin découvrit accidentellement la première d'entre elles : la mauvéine ou violet de Perkin. A cette date, l'acide picrique, la murexide, avaient déjà été appliqués en teinture ; mais l'histoire véritable des matières colorantes dérivées du goudron de houille, ne part que de la découverte de W. H. Perkin. En 1858, A. W. Hoffmann trouvait le rouge d'aniline ou magenta, dont la fabrication industrielle fut assurée dès l'année suivante, sous le nom de fuchsine, par un Français, Verguin, dans l'usine Renard frères de Lyon. Dès lors, grâce aux recherches de nombreux savants, les découvertes de matières colorantes artificielles se multiplient en France, en Angleterre, en Allemagne, en Suisse. Il faut remarquer ici qu'une interprétation fâcheuse de la loi française sur les brevets, en assurant à une seule maison le monopole de la fabrication de la fuchsine, semble avoir été l'une des causes principales du développement que l'industrie des matières colorantes artificielles, française par ses origines industrielles, prit dans certains pays étrangers. Quoi qu'il en soit, le goudron de houille est devenu une mine presque inépuisable de découvertes scientifiques et industrielles ; et W. H. Perkin a pu dire que si le charbon n'a pas été encore transformé en diamant (aujourd'hui, grâce aux belles recherches de M. Moissan, l'hypothèse n'est plus tout à fait juste), on peut dire qu'on est arrivé à en extraire des produits presque plus précieux. Et lorsqu'on songe à la pléiade de savants distingués qui consacrent toutes leurs ressources intellectuelles à augmenter la liste de ces produits déjà si longue, on peut se demander jusqu'où ira un développement aussi prodigieux. Ne parler que des matières colorantes artificielles, M. le docteur G. Schultz, dans l'édition de 1891 de son « Tabellarische Ubersicht », en catalogue déjà 392.

mention, l'homme portait déjà des vêtements teints ; et l'art de la teinture semble y avoir acquis une réelle perfection. Mais si nous possédons un certain nombre de documents sur l'histoire de l'industrie textile chez les Égyptiens et les Assyriens, chez les anciens Chinois, dans l'Inde, chez les Israélites, chez les peuples primitifs de l'Europe et de l'Amérique, ils sont muets sur presque tout ce qui regarde la partie matérielle de la teinture. Les Égyptiens ont teint et même imprimé dès la plus haute antiquité. Le plus ancien échantillon d'étoffe teinte que nous ayons a été découvert en 1881 par M. Maspero dans la pyramide du roi Ounas : il date d'environ quatre mille ans. Les anciens Égyptiens portaient des costumes blancs avec broderies teintes : la pièce d'étoffe qui constitue la première enveloppe des momies est généralement teinte en rouge ; les couleurs qu'ils savaient produire sont en nombre restreint, mais très solides. Je suppose qu'ils opéraient la teinture en refoulant la fibre avec les pieds dans le liquide tinctorial : c'est ainsi que les teinturiers en peaux pour gants procèdent encore de nos jours ; mais je ne puis avancer sur ce point aucun document précis. Les planches de Champollion ne renferment sur ces sujets qu'une reproduction d'ouvriers foulons et d'une ouvrière blanchisseuse (1) ; on y voit les ouvriers foulons fouler l'étoffe avec les pieds dans des bacs en pierre ; je suppose que les ouvriers teinturiers procédaient de la même façon, la plupart du temps, parce que cette méthode permet d'obtenir des couleurs plus solides qu'en teignant simplement au trempé. Elle a d'ailleurs été employée par les Chinois et les Japonais. Les Chinois, dès 3000 ans avant notre ère, savaient teindre la soie, nous le connaissons positivement. Voici comment ils procédaient : ils humectaient la matière, la tordaient, la foulaient dans le liquide tinctorial, puis la battaient pour bien faire pénétrer la couleur. Ces opérations de la teinture se faisaient dans chaque famille, au fur et à mesure de ses besoins ; elle s'effectuait à froid, et était en conséquence assez longue.

La même méthode a dû être suivie par les Grecs et les Romains. Mais, comme ils réservaient les travaux manuels aux esclaves et aux serviteurs, et qu'ils ont dédaigné de parti pris de traiter dans leurs ouvrages les sujets techniques, j'en suis réduit

1 Je signale en passant que le métier à tisser, reproduit d'après un bas-relief de Beni-Hassan, l'a été partout d'une façon défectueuse, car il semble vertical : c'est un métier horizontal. M. Maspero le qualifie ainsi très justement dans son *Archéologie égyptienne*.

encore à des suppositions (1). Malgré la perfection que la teinture avait atteinte pour l'obtention de certaines couleurs, il est à présumer que le matériel se réduisait à des barques en pierre ou en bois. Je les soupçonne en pierre et rectangulaires, car dans l'atelier des ouvriers foulons, *Fullonica*, qui a été découvert à Pompéi (voir *Pomp. Ant. Hist.*, t. II, p. 143 et sq.), la disposition des barques est telle et absolument la même que chez les anciens Égyptiens. La façon dont on procédait matériellement à la teinture devait être également la même. D'ailleurs, les teinturiers ne procédaient pas seulement par foulage; ils devaient teindre au trempé, qui est en toute évidence la méthode primitive, le foulage n'ayant dû être appliqué que pour mieux faire pénétrer la matière colorante.

***

La machine à teindre les tissus la plus simple est le tourniquet ou traquet : il consiste simplement en un cylindre en bois ou en un cadre garni de lattes, en forme de parallélipipède; on le plaçait au-dessus de la cuve de teinture. J'ai rencontré récemment la disposition du parallélipipède plein, de diamètre très court, dans un ouvrage fort précieux : *Plictho del arte de tentori*, de G. Rosetti, édité en 1540 à Venise (2). La Bibliothèque Nationale vient d'en acquérir un exemplaire qui faisait partie des collections d'Eugène Piot; et c'est cet exemplaire que j'ai pu examiner. Ce G. Rosetti, fonctionnaire de l'arsenal de Venise au XVI^e^ siècle, se passionna à tel point pour la teinture qu'il consacra sa fortune à voyager seize ans en Italie et dans le Levant, et à recueillir les secrets des ateliers; puis il écrivit son *Plictho*, qui est un recueil de recettes de teinture sur soie, sur vêtements et sur peaux. Cet ouvrage renferme deux gravures sur bois : la première concerne la teinture des écheveaux de soie, et la seconde, la teinture des tissus. On y voit un rudiment de tourniquet; et je la signale à cause de ce détail, parce qu'à ma connaissance, c'est la première figure que l'on possède sur la machine à teindre. Cette première machine à teindre les tissus conserva longtemps sa forme rudimentaire; il me faut passer plus de trois siècles avant d'avoir à signaler de

(1) L'ouvrage de M. Hugo Blühmer : *Technologie und Terminologie der Gewerbe und Künste bei Griechen und Römern*, 1884-86, 4 vol., est une source des plus utiles à consulter pour tout ce qui concerne la technologie chez les Romains.

(2) Le titre exact est : *Plictho del arte de tentori che insegna tenger pani telle banbasi et sede si per larthe magiore comme per la comune.* Un savant allemand a vu dans *Plictho* un pseudonyme; il reconnaît, d'ailleurs, n'avoir jamais eu l'ouvrage entre ses mains.

nouveaux documents. A la fin du siècle dernier apparaît le clapeau ou double traquet réservé aujourd'hui au lavage, et qui est l'origine du foulard, autre genre de machine en usage pour la teinture des tissus. Enfin, parmi les planches qui accompagnent l'*Encyclopédie méthodique*, 1782-1832, plusieurs sont relatives au blanchiment, à la teinture et à l'impression ; l'une figure le tour ou asple, simple traquet formé de quatre lattes de bois et manœuvré à la main ; le diamètre est devenu beaucoup plus considérable que dans l'appareil dont Rosetti nous a conservé la figure, ce qui ne peut que faciliter le travail.

***

En face de cette pénurie de renseignements sur la partie matérielle de la teinture jusqu'à ce siècle-ci, je tracerai avec plaisir les sources bibliographiques si nombreuses dont nous disposons aujourd'hui pour étudier les machines à teindre.

Les traités généraux de teinture et d'impression donnent parfois des indications très intéressantes avec figures à l'appui. Je citerai principalement, après le *Manuel du fabricant d'indiennes*, de Thillaye, 1857, et celui du *teinturier*, de Riffault, complété par M. Romain en 1880 (*Encyclopédie Roret*), un excellent ouvrage dû à la plume autorisée de M. J. J. Hummel, directeur de la section de teinture du Yorkshire College de Leeds. Son *The dyeing of textile fabrics*, paru en 1885 et arrivé en 1889 à sa 7e édition, a été traduit en allemand par M. Knecht, directeur de la section de teinture à la Technical school de Manchester ; en italien, par M. le Dr R. Lepetit, de Suse, et même en japonais. Je citerai également *The printing of cotton fabrics*, de M. Sansone, 1887, traduit en français en 1889 par M. Montpellier, et en allemand en 1889 par M. B. Pick ; — *Dyeing*, du même auteur, 1888 ; — l'excellent ouvrage de M. le Dr A. Gianswindt, directeur de la section de teinture à l'École de tissage d'Aachen : *Handbuch der Färberei*, 1889 ; — la seconde partie du *Traité de la teinture des matières colorantes artificielles*, de M. J. Dépierre, 1892 ; — le traité tout récent de M. le Dr J. Herzfeldt, directeur de la section de teinture à l'École de tissage de Mülheim am Rhein : *Die Praxis der Färberei*, 1892 ; une très grande partie de ce dernier ouvrage est consacrée à l'étude des machines à teindre les matières textiles sous leurs différents états de préparation, et les brevets récents y sont analysés avec figures ; — enfin : *A Manual of dyeing*, de M. Knecht, 1893.

Des documents utiles pourront être puisés dans quelques ou-

vrages spéciaux, comme le *Traité des matières colorantes, du blanchiment, de la teinture du coton*, de Renard, 1883; *Teinture et apprêt des tissus de coton*, de A. Lefèvre, 1887 (dans l'*Encyclopédie chimique*), et l'ouvrage sur le noir d'aniline de MM. les Drs E. Nœlting, directeur de l'École de chimie de Mulhouse, et A. Lehne, de Berlin : *Anilinschwarz und seine Anwendung in Färberei und Zeugdruck*, 1892.

Enfin, les machines de teinture ont été l'objet d'une étude toute spéciale de G. Meissner : *Die Maschinen für Appretur, Färberei und Bleicherei*, 1873; une nouvelle édition sera publiée sous peu. Le tome II de *la Pratique du Teinturier*, actuellement à l'impression chez MM. Gauthier Villars et fils, est consacré tout entier à l'étude du matériel de teinture.

Je ne trouve, à mon grand regret, rien à relever dans le *Cours de technologie chimique*, de Salvetat, 1874. La seconde partie, sous le titre : *Couleurs, blanchiment, teinture et impression*, laisse de côté la teinture et ne s'occupe que des trois autres sujets.

Le tome II des *Merveilles de l'Industrie*, de M. L. Figuier, 1873-76, renferme un long chapitre sur l'industrie de la teinture : quelques machines y sont décrites avec le talent que l'on sait, mais sans sortir d'une étude de vulgarisation.

Deux articles sérieusement documentés ont été fournis par M. P. Schützenberger au *Dictionnaire de Chimie pure et appliquée*, de Wurtz, 1868-78, tome III, et par M. H. Vassart, professeur de teinture à Roubaix, au *Dictionnaire de l'Industrie et des Arts industriels*, de M. E.-O. Lami, 1881-88, ainsi qu'au supplément de ce dernier, 1889-91. J'appelle particulièrement l'attention sur les articles de M. Vassart.

Je l'appelle également sur la partie des rapports du Jury international aux expositions de 1868, de 1878 et de 1889 qui est consacrée au matériel et aux procédés des teintures et des impressions. Le rapport de la classe correspondante, classe 58, à l'Exposition de 1889, a été fait par notre honorable collègue, M. F. Dehaitre, dont les machines et appareils de teinture sont connus dans le monde entier pour leur perfection.

M. F. Dehaitre a publié depuis 1888 une série de huit albums illustrés, fort instructifs, qui comprennent la construction générale des machines et appareils pour le traitement et l'apprêt des tissus.

Les autres maisons de construction qui s'occupent des machines de teinture publient régulièrement des catalogues et des circulaires utiles à consulter. Mais, le plus souvent, la description des

machines se borne forcément à leurs applications et à leurs avantages.

***

J'arrive maintenant à toute une série de sources bibliographiques plus générales ; ce sont les publications périodiques.

Parmi celles de ces publications qui ne traitent que des sujets de teinture, *Dyer and Calico Printer*, de Londres, donne presque dans tous ses numéros la description d'une ou de plusieurs machines de teinture ; *Farber-Zeitung*, de M. le docteur A. Lehne, de Berlin, ne parle que rarement des machines à teindre ; *The Journal of the Society of Dyers and Colouristes*, de Bradford, est dans le même cas. Les autres journaux de teinture (et plusieurs sont très importants, tels *Leipziger Farber und Zeugdrucker Zeitung* et *Textile Colorist*, de Philadelphie, auquel je contribue) ne traitent qu'exceptionnellement les questions d'appareils.

Plusieurs périodiques spéciaux à l'industrie textile consacrent une partie de leur publication à la teinture. Je citerai parmi eux l'*Industrie textile*, dirigée depuis huit ans par notre honorable collègue M. E. Flavien ; cette revue, qui a eu le plus grand succès auprès des industriels en textiles, a étudié depuis sa fondation et continue à étudier toutes les machines de teinture les plus importantes avec figures. Je citerai parmi les publications similaires allemandes : *Centralblatt für die Textil-Industrie*, *Leipziger Monatsschrift für Textil-Industrie*, et *Oesterreich's Wollen-und Leinen-Industrie*, et, parmi les publications anglaises : *The Textile Manufacturer* et *Textile Mercury*, de Manchester, et *Textile Recorder*, de Londres.

Quelques documents se trouvent épars dans les publications de la Société Industrielle de Mulhouse, de celle de Rouen, de la Société d'Encouragement à l'Industrie Nationale, de la Société de Chimie Industrielle de Londres, enfin dans le *Dingler's polytechnisches Journal*.

Les publications qui fournissent sur les machines de teinture les renseignements les plus nombreux et les plus utiles sont sans contredit celles qui concernent les brevets d'invention.

En France, nous avons le *Catalogue des Brevets d'invention*, 1828 à 1883. Ce catalogue ne donne que l'énumération des titres des brevets ; mais chaque tome renferme une table des brevets catalogués par section, table qui facilite beaucoup les recherches.

Depuis 1884, le *Catalogue* est remplacé par le *Bulletin de la Propriété industrielle et commerciale*. Ce bulletin est hebdomadaire ; il

ne donne, lui aussi, que le titre du brevet, et, au grand regret de tous ceux qui ont à faire des recherches, la table annuelle des brevetés, classés par section, ne fournit plus d'autres mentions que le nom du breveté et le numéro du brevet ; les recherches sont devenues beaucoup plus difficiles qu'avec l'ancien catalogue. La section qui renferme les brevets des machines de teinture est la Section 2 du Groupe IV : Arts textiles.

Nous avons également en France la *Description des machines et procédés pour lesquels des brevets ont été pris en France*. Les personnes intéressées ne cessent de lui faire de gros reproches. Le premier, c'est d'être incomplète, car tous les brevets ne sont pas décrits. Le second, c'est de manquer d'actualité ; en effet, cette publication paraît en gros volumes qui ne sont publiés que plusieurs années après la prise des brevets.

Peu d'industriels savent que les fascicules de chaque section sont vendus à part pour un prix relativement modeste. On se les procure à l'Imprimerie nationale ; on peut s'y procurer également le tableau de ces fascicules avec les prix correspondants.

Les autres publications relatives aux brevets sont, en Allemagne : le *Patentblatt von Kaiser Patentamt ;* en Angleterre : *The Patents for Inventions ;* aux États-Unis : *Official Gazette of the Patent Office ;* en Italie : *Bollettino della Privative Industriali*. La dernière est mensuelle, mais les trois premières sont hebdomadaires et donnent, non seulement le titre du brevet, mais le résumé ou les revendications, avec figures le cas échéant.

Il n'est pas facile, à Paris, de se procurer ces publications dont l'intérêt est évident. Le bureau de la Propriété industrielle, au Ministère du Commerce et de l'Industrie, d'où dépendent toutes les questions se rattachant aux brevets d'invention, met bien à la disposition du public le *Catalogue*, le *Bulletin de la Propriété industrielle* et la *Description des Brevets*. Il reçoit aussi les publications étrangères, mais faute d'espace et d'allocations pour la reliure, il n'en tire pas le parti désirable. Le bureau du portefeuille industriel (brevets périmés), au Conservatoire des Arts et Métiers, est presque le seul endroit où l'on puisse consulter ces publications étrangères, mais il ne reçoit pas celle de Berlin.

La Société d'encouragement à l'industrie nationale, qui a ouvert si libéralement sa bibliothèque au public depuis un an, ne reçoit que l'*Official Gazette* de Washington parmi les publications étrangères ; mais elle reçoit les publications françaises. Notre biblio-

thèque, si riche en périodiques de toutes sortes, n'en possède pas qui concerne les brevets.

***

Aujourd'hui les machines à teindre sont devenues légion. On peut les diviser en trois grands groupes : celles destinées à teindre les matières textiles avant filature, celles après filature, mais avant tissage, celles enfin après tissage.

La teinture des fibres avant filature présente de réels avantages. Pour le coton, elle convient essentiellement en vue de mélanges destinés à la draperie, à la bonneterie, etc. Pour toutes les fibres, elle a comme résultats, non seulement une économie de main-d'œuvre, mais encore une meilleure préservation de la fibre; enfin, on évite plus aisément le feutrage de la laine. Mais il est plus difficile de bien unir en teinture, ainsi que d'échantillonner à la nuance voulue ; et la consommation des drogues tinctoriales est augmentée (1/3 environ en plus que sur filés). Les progrès réalisés par les inventeurs font espérer que la première difficulté finira par être surmontée, pour toutes les couleurs, même celles à mordant, et ce jour-là la teinture des fibres avant filature, soit celle du coton en flocons ou en mèches, soit celle de la laine en bobines, verra son importance accrue dans une proportion énorme. Cette question excite vivement l'attention de tous les teinturiers et a inspiré un grand nombre de machines.

Dans presque toutes, au lieu que ce soit la matière que le teinturier agite dans le bain tinctorial, la matière est immobilisée, et c'est le bain qui circule autour. Cette circulation continue semble fort logique, car les fibres brutes conservent bien mieux leurs propriétés naturelles dans le second cas que si on les remue au milieu du liquide tinctorial. J'ai proposé d'étendre ce principe de teinture mécanique à la teinture des fibres en écheveaux ; mon sentiment personnel est que l'avenir nous réserve plus d'une surprise sous ce rapport ; il nous démontrera que la teinture des fibres textiles en écheveaux n'exige pas absolument que les écheveaux reçoivent dans la machine les mouvements compliqués que l'ouvrier leur donne dans la teinture à la main. En principe, il suffit que la fibre soit bien nette et que le liquide tinctorial, de composition homogène, la pénètre à fond, en restant homogène, de façon que la teinture ne présente pas d'inégalités.

Dans les machines destinées à la teinture des matières non filées, la circulation du liquide a été assurée par des moyens très

variés. Les constructeurs ont fait appel à l'action des pompes ordinaires ou des pompes rotatives, au principe de la presse hydraulique, à la pression d'une colonne d'eau surélevée, à celle exercée par un cylindre plongeur, par la vapeur, ou tout simplement à la pression atmosphérique, parfois au vide, ou à la force centrifuge. Le vide, *a priori*, est l'un des moyens les plus recommandables puisqu'en même temps qu'il a pour résultat l'adduction du liquide tinctorial, il enlève de la matière textile les bulles d'air qu'elle renferme et qui mettent un obstacle très sérieux à la teinture. La force centrifuge, au contraire, prête à suspicion légitime, car elle cause au sein du liquide la formation de régions d'inégale densité ; elle détruit son homogénéité, d'où résulte fatalement une teinture inégale.

Plusieurs machines sont constituées par des appareils rotatifs à compartiments multiples, qui viennent plonger alternativement dans le liquide tinctorial, parfois d'un mouvement très lent ; ou bien encore, les pots qui renferment la matière jouent le rôle de seaux à puiser le liquide.

La matière à teindre peut être placée dans des paniers, dans des pots ou vases à parois pleines ou perforées partiellement ou sur la totalité de la surface ; elle se trouve parfois entre deux plaques ou deux parois perforées ; elle reste d'autres fois dans les coilers de filature ou sur les asples de dévidage ; elle est encore disposée sur des bobinoirs pleins ou perforés ; elle peut être simplement placée dans les compartiments multiples d'un même appareil.

La teinture du coton en canettes de filature est une industrie intermédiaire entre celle de la teinture du coton brut ou en mèche et celle de la teinture du coton filé en écheveaux. Elle a inspiré récemment une étude fort sérieuse de M. C.-O. Weber, de Manchester (1). Les principes mécaniques de la teinture en canettes, les plus pratiques d'entre les appareils brevetés en Angleterre y sont exposés avec une grande sagacité.

L'importance de cette industrie repose sur ce fait que, les canettes une fois placées dans l'appareil, on peut les tremper, les débouillir, les laver, les mordancer, les laver, les teindre, les rincer, les laver, les sécher, etc., etc., les soumettre en un mot à toutes les opérations voulues sans les reprendre avant d'avoir à les placer dans la navette du métier à tisser. Au lieu qu'ordinai-

(1) Voir *The Journal of the Society of Chemical Industry*, December 1892 and January 1893. *Of The Journal of the Society of Dyers*, January 1893.

rement on est obligé de dévider les canettes de filature, de former avec le fil des écheveaux, de faire subir à ceux-ci toutes les opérations plus haut citées, le plus souvent dans des appareils spéciaux pour chacune d'elles, puis de reformer les canettes afin de mettre le fil dans les navettes. On voit quelle économie de main-d'œuvre, de déchets, de temps, d'argent, la teinture en canettes représente pour l'industriel ; elle offre, en outre, sur la teinture à l'état brut les avantages de demander moins de couleur, de restreindre les déchets de filature et de sauvegarder davantage le moelleux de la fibre.

La teinture en écheveaux, lorsqu'elle se fait à la main, est une opération compliquée. Pour cela les écheveaux sont enfilés sur des bâtons ou lissoirs qui reposent par leurs extrémités sur les longs côtés d'une cuve ou barque généralement rectangulaire. Deux ouvriers se mettent de chaque côté de la barque, saisissent l'extrémité d'un lissoir d'une main, lissent l'écheveau de l'autre main, c'est-à-dire qu'ils le retirent de façon à faire tremper successivement chacune de ses parties dans le bain de teinture. En même temps ils font voyager deux ou trois fois l'écheveau dans le bain, puis ils le retournent. Dès qu'ils sont arrivés à l'extrémité de la cuve, ils recommencent la manœuvre en sens inverse, et changent les bâtons du milieu contre ceux du bout, provoquant ainsi un mouvement incessant du liquide pour détruire les inégalités produites par le chauffage. Quand on a à teindre de grandes quantités d'une couleur simple, comme des noirs au campêche, des rouge turc, ou lorsque la teinture exige un grand nombre d'opérations, l'emploi de machines est fort avantageux.

Les machines à teindre les écheveaux sont très nombreuses. On s'y est proposé presque toujours d'imiter ce que fait la main de l'ouvrier. Les lissoirs sont passés dans les écheveaux, et leurs extrémités reposent généralement sur un cadre rectangulaire relevable à volonté ; elles portent d'autre part des roues à dents ou à crochets qui servent à transmettre à l'écheveau un mouvement rotatif continu ou intermittent. Des dispositions spéciales effectuent le lissage : engrenages de vis sans fin, manivelles, arcs à crémaillère ou chaînes à butoirs avec porte-écheveaux excentrés par rapport aux axes de rotation. Les écheveaux reçoivent, dans le plus grand nombre de ces machines, un mouvement de va-et-vient alternatif : ils sont transportés successivement d'une moitié de la barque à l'autre, ou bien sont relevés à l'une des extrémités de la barque, passent au-dessus, et rentrent à l'autre extrémité. Dans plusieurs

machines, ils sont placés à la périphérie d'un tambour mobile et viennent plonger à tour de rôle dans le bain. Dans d'autres, le cadre qui supporte les bâtons à écheveaux reçoit lui-même un mouvement. Dans d'autres enfin, les lissoirs sont disposés horizontalement autour d'un axe central et ils reçoivent un mouvement de circulation continu en même temps qu'un mouvement de rotation alternatif à périodes inégales. Dans plusieurs machines récemment proposées, c'est le liquide lui-même qui reçoit un mouvement de circulation continu.

Le coton filé est quelquefois aussi teint en chaînes. Les machines destinées à cet objet consistent en une simple cuve de teinture avec rouleaux plongeurs et exprimeurs, ou parfois en une sorte d'encolleuse, dont l'auget renferme la couleur.

Je n'ai que fort peu de chose à dire sur les machines à teindre les tissus en pièces : presque toutes se réduisent à des cuves de teinture avec cylindres entraîneurs et exprimeurs ; le tissu entre dans le bain par les deux extrémités, le renversement de marche se faisant automatiquement. Le tissu passe au large, ou en boyau si l'on n'a pas à craindre les plis. La machine la plus simple est le tourniquet ou traquet; cette machine, ainsi que le clapet (deux rouleaux de bois exerçant une pression l'un contre l'autre), sont aujourd'hui presque partout remplacés par les foulards, les cuves à teindre à la continue et les jiggers. Ces trois genres présentent des différences très notables. Les machines qui s'y rattachent et qui sortent de plusieurs grands ateliers de construction en France et à l'étranger mériteraient toute une description, car elles ont été savamment comprises et intelligemment exécutées pour remplir le but auquel elles sont destinées. Mais je serais entraîné trop loin si j'entrais dans cette voie, et je me contenterai en finissant de signaler un dernier dispositif qui a été fort admiré à l'Exposition de 1889, à cause de son ingéniosité ; en effet, dans cette machine spéciale à la teinture des tissus de laine, le rouleau entraîneur se déplace lui-même au-dessus de la cuve dans un mouvement de va-et-vient et répartit le tissu dans le bain tinctorial.

BIBLIOGRAPHIE

Note sur deux ouvrages du professeur THURSTON intitulés : *Traité de la machine à vapeur* et *Essais des machines et chaudières à vapeur*, traduits de l'anglais par MM. Maurice Demoulin et Auguste Roussel.

PAR

M. Gustavo RICHARD (1)

Messieurs,

Le nom du professeur Thurston, ancien président de l' « American Society of Mechanical Engineers », actuellement directeur du « Sibley College », est bien connu de vous tous par les nombreux ouvrages qu'il a publiés antérieurement à ceux que j'ai l'honneur de vous présenter, et dont l'ensemble imposant suffirait à lui seul pour commander l'attention (2). Je n'insisterai donc pas sur l'éminente personnalité de l'auteur, et je vous demanderai la permission d'aborder immédiatement mon sujet par l'analyse du plus important de ces deux ouvrages de M. Thurston : le *Traité des machines à vapeur*, qui forme, comme vous le voyez, deux gros volumes d'impression compacte et de près de deux mille pages.

Vous savez combien, depuis une vingtaine d'années, la littérature de la machine à vapeur s'est formidablement développée dans tous les pays civilisés : il ne se passe pour ainsi dire pas de semaine que les journaux techniques nous apportent quelque essai de machine à vapeur fortement instrumenté, exécuté avec une méthode scientifique et une précision

1 Communication faite à la Société des Ingénieurs civils de France dans la séance du 19 mai 1893.

2 *Friction and Lost Work in Machinery and Mill*. — *The Materials of Engineering* : 3 vol. *Materials of Construction*. *Stationary Steam Engines*. *Development of the Philosophy of the steam Engine*. *Manual of Steam Boilers*. *Steam Boiler Explosions*, sans compter une foule de mémoires originaux publiés principalement dans le *Journal of the Franklin Institute* et dans les comptes rendus de l'American Society of Mechanical Engineers.

rigoureuse, qui paraissent toutes naturelles et faciles aujourd'hui, mais dont on n'avait pour ainsi dire pas même l'idée avant les travaux de *Hirn* et de son école. Ces essais ne sont pas toujours l'œuvre d'un seul; certaines Institutions, comme celle des « *Mechanical Engineers* », ont entrepris sur la machine à vapeur, sur les machines marines notamment, de véritables enquêtes expérimentales, dont l'influence sur les progrès de la thermomécanique est absolument incontestable. Ajoutez à ces mémoires, à ces discussions innombrables, les vastes monographies spéciales, comme celles de la machine marine par *Ledieu* et *Bienaymé*, *Sennett* et *Seaton*, de la locomotive par *Couche*, ou d'ensemble, comme celles de *Buchetti*, de *Uhland*, de *Ruhlman* et de *Kinnear Clark*, les grands ouvrages d'un caractère plus scientifique de *Devillez*, *Haton de la Goupillère*, *Hirsch* et *Debize*, *Madamet*, *Cotterill*, *Sinigaglia*, pour ne parler que de quelques-uns des plus importants et des plus nouveaux, et vous comprendrez bien vite toutes les difficultés qu'il y avait d'entreprendre aujourd'hui l'édition d'un véritable traité général de la machine à vapeur, au courant des progrès de la science et de la pratique actuelle.

M. Thurston n'a pas reculé devant les difficultés de cette tâche, et il a tenté de condenser dans ces deux volumes la matière d'une sorte d'encyclopédie de la machine à vapeur. Tout y est traité, depuis l'histoire de la machine à vapeur jusqu'aux moindres détails de sa technologie; et il est résulté, de ce puissant effort, un livre inégal sans doute, un peu confus, où l'on rencontre même parfois quelques répétitions, mais original en bien des points, bourré de faits, de résultats d'expériences, de théories et de considérations pratiques, qui sont venus, de tous les points d'un immense horizon bibliographique, se précipiter, se classer, se résumer à la portée de tous, de sorte que l'on peut, sans exagération aucune, affirmer que le grand travail de M. Thurston n'a pas été vain, qu'il vient à son heure, et qu'il sera de la plus grande utilité aussi bien au praticien qu'au savant; c'est un ouvrage que l'on aura souvent, et pour longtemps, l'occasion de consulter avec fruit sur les points les plus discutés de théorie aussi bien que sur les détails les plus minutieux de la pratique.

Le premier chapitre de l'ouvrage est consacré à l'*histoire de la machine à vapeur :* nous n'y insisterons pas, car c'est, en somme, le résumé très exact d'un ouvrage bien connu du même auteur sur ce même sujet, plus important, et dont la traduction française a obtenu un succès mérité (1).

Le chapitre 2, intitulé: *Structure de la machine à vapeur*, renferme une description methodique et succincte des principaux types de machines à vapeur classées, d'après leur destination, en machines fixes, agricoles, pompes à vapeur, etc., dont l'ensemble donne une idée générale très claire de l'état actuel des diverses applications de la machine à vapeur. Nous signalerions particulièrement comme peu connues en Europe, parmi les machines décrites dans ce chapitre, celles de *Sickels* et de *Thurston et Greene*, fort intéressantes au point de vue historique,

(1) *Histoire de la machine à vapeur*, traduction de M. Hirsch (2e édition), 2 vol. de la bibliothèque internationale. Paris, Alcan.

puisqu'elles employaient des soupapes à déclic dès 1841, huit ans avant Corliss, mais dont l'auteur ne donne malheureusement aucun dessin. Parmi les machines fixes, on remarquera tout particulièrement une Corliss a triple expansion de 1000 *chx* ne dépensant, d'après l'auteur (p. 111), que 0,650 *kg* de charbon par cheval-heure. Certains rendements de pompes a vapeur sont aussi particulièrement remarquables, notamment celui d'une pompe Corliss compound, marchant sous la pression initiale de 9 *kg* effectifs a 50 tours par minute, avec des détentes totales extrêmement prolongées, de 15 a 20, et rendant, en eau montée, 85 000 *kgm* par kilogramme de charbon (p. 170), c'est-a-dire dépensant environ 0,750 *kg* de charbon par cheval effectif en eau montée. On trouvera, dans ce chapitre, une description particulièrement intéressante des principaux types de *machines à vapeur rapides*, qui se sont si largement développées, aux Etats-Unis comme en Europe, principalement pour satisfaire aux besoins de l'électricité. Il convient de placer en tête de ces machines les remarquables types de *Porter-Allen*, dans lesquels on trouve utilisée pour la première fois d'une façon logique et précise l'inertie des pièces en mouvement alternatif. Nous citerons encore, comme exemples spéciaux de constructions américaines, les pompes a incendie, particulièrement puissantes et légères, et les machines inclinées des bateaux de rivières, caractérisées par leur marche lente et leurs énormes dimensions ; les cylindres de la machine du *Plymouth*, a triple expansion, ont tous 2,50 *m* de course, et respectivement 1,20 *m* de diamètre pour le cylindre de haute pression, 1,90 *m* pour l'intermédiaire, et 2,06 *m* pour les deux de détente finale : puissance, 5 500 *chx*, avec une pression initiale de 11,25 *kg*. A l'autre extrémité des machines marines, citons encore la petite machine pour canots de *Shipman*, très répandue aux Etats-Unis, caractérisée par l'emploi d'un foyer au pétrole a réglage automatique, a mise en feu instantanée, et d'un maniement des plus commodes.

Ce chapitre se termine par la description de la turbine à vapeur de Dow, encore peu connue chez nous, qui atteindrait (p. 238) des vitesses de 25 000 et même de 35 000 tours par minute, avec une dépense de 2,5 *kg* de vapeur par cheval-heure, et un poids de 2 *kg* seulement par cheval, pour un moteur de 50 *chx*, avec une pression de vapeur de 10 50 *kg* (1).

Dans le troisième chapitre, l'auteur expose, sous le titre de *Théorie de la machine a vapeur*, l'histoire de la thermodynamique considérée principalement dans ses applications a l'étude des vapeurs et de la machine a vapeur. Cet historique très clair se distingue par une grande impartialité, rendant pleine justice aux travaux des savants français : *Carnot*, dont M. Thurston a traduit les *Réflexions sur la puissance du feu*, *Pambour*, *Combes*, dont l'œuvre remarquable est quelquefois oubliée ; *Hirn*, en qui M. Thurston reconnaît le maître et l'imitateur de l'école moderne ; *Leloutre*, *Hallauer*, *Hirsch*.....; nous regrettons seulement de ne pas voir citer parmi ces noms celui de *M. Reech*, qui fut aussi, sur bien

(1) Voir la *Revue Industrielle* du 24 mai 1890, p. 201, et le brevet américain 496 352 du 25 avril 1893

des points, un précurseur. On trouvera dans ce chapitre, à côté de l'analyse des grandes œuvres classiques (1) de *Clausius*, de *Rankine* et de *W. Thomson*, celle de travaux qui, bien que moins importants, n'en sont pas moins d'un grand intérêt et trop souvent oubliés, tels que ceux d'*Isherwood*, d'*Émery* et de *Wood* en Amérique, de *Clark* et de *Cotterill* en Angleterre.

Le quatrième chapitre est consacré à l'étude thermodynamique des gaz et des vapeurs et à la théorie thermodynamique de la machine à vapeur *idéale*, c'est-à-dire, à cylindre adiabatique. M. Thurston suit, dans l'exposé de cette théorie, la méthode adoptée par *Rankine* dans son remarquable *Manuel de la machine à vapeur;* méthode fondée, comme on le sait, sur l'emploi d'une fonction particulière désignée sous le nom de « fonction thermodynamique ». L'emploi de cette fonction permet de suivre, dans l'établissement des principales formules de la thermodynamique appliquée à l'étude des gaz et des vapeurs, une marche algébrique très simple, mais qui voile parfois, ou laisse trop facilement oublier le sens physique des symboles employés dans les équations. Les théories de Rankine sont parfaitement logiques; mais il faut, pour en saisir toute la portée, les éclairer des commentaires et des développements qu'il en a donnés lui-même dans ses *Mémoires originaux* (2), ou qui en ont été faits par plusieurs savants, notamment par *Wood* (3). L'exposé de M. Thurston est très complet; l'on y trouve, à côté de la théorie proprement dite, un grand nombre de tables des constantes physiques des gaz et des vapeurs, quelques diagrammes fort intéressants, tels que celui de *Babcock* (p. 382) et plusieurs constructions de la courbe de détente et de l'ordonnée moyenne, notamment celle de *Rankine* (p. 406). Il n'est fait, dans ce chapitre, aucune mention du diagramme entropique ou ($\theta\varphi$) de *Mac Farlane Gray* (4) dont l'emploi, si commode dans bien des cas, commence à se répandre en Angleterre (5) : c'est une omission que M. Thurston réparera facilement dans une deuxième édition de son remarquable ouvrage.

Le cinquième chapitre traite de la *théorie thermodynamique des machines réelles*, c'est-à-dire de celle qui tient compte des pertes réelles et inévitables dues à la nature même de la vapeur et des parois du cylindre : c'est l'un des plus importants de l'ouvrage et, malheureusement, l'un de ceux dont l'analyse est des plus difficiles, car il fourmille de données expérimentales les plus diverses, que l'on ne peut discuter qu'en remontant aux sources mêmes, et de formules empiriques tirées de ces données, dont l'élaboration a dû coûter beaucoup de peine à l'auteur.

Quelques-unes de ces formules sont des plus suggestives : telles sont

(1) *Théorie générale des effets dynamiques de la chaleur* (Journal des mathématiques pures et appliquées, 1853, p. 357), et Rapport sur la machine à vapeur d'eau et de chloroforme de Lafont (1850).

(2) *Miscellaneous, Scientific Papers*, 1 vol., London, Griffin (1881).

(3) Van Nostrand's, *Engineering Magazine*, mai 1886.

(4) *Annales du Conservatoire des Arts et Métiers*, vol. III, 2e série.

(5) Cotterill, *Steam Engines*, 2e éd., p. 225.

par exemple, celles de l'auteur (p. 493), d'après laquelle l'importance des pertes intérieures, dans une machine donnée, serait, toutes choses égales, sensiblement proportionnelle à la racine carrée du rapport de détente, ou encore (p. 512) à la racine carrée du temps pendant lequel la vapeur reste exposée à l'action des parois, ou encore à $\sqrt{\frac{s}{N}}$ (p. 514), s étant la surface des parois et N le nombre de tours par unité de temps, et enfin, d'après Cotterill, à $\frac{\log. r}{d}\sqrt{\frac{r}{N}}$, r étant le rapport de détente, d le diamètre du piston, N le nombre de tours : le lecteur n'a que l'embarras du choix. L'auteur décrit le tracé des ondes de *Kirsch* (1), d'après lesquelles le cycle des températures des parois est évidemment très différent de celui des températures de la vapeur à leur contact ; puis il expose quelques notions sur les équations fondamentales de *Hirn* et les diagrammes d'échange de *Dwelshauvers* (2). Cette partie du chapitre aurait gagné à être plus développée, et même à constituer plutôt la base de toute son exposition qu'un accessoire écourté ; car, si ces équations et ces graphiques ne donnent pas, et ne peuvent pas donner, en l'absence des constantes physiques indispensables, une théorie générale et quantitative de l'action des parois, elles en indiquent du moins la voie, et en fournissent, dans l'état actuel de la science, la méthode d'analyse qualitative la plus complète et la plus claire que nous possédions. A côté de l'exposé théorique, se trouvent résumées dans ce chapitre, comme nous l'avons dit, un grand nombre d'expériences, dont quelques-unes peu connues en France, et amassés beaucoup de chiffres divers, parfois étonnés peut-être de se trouver si rapprochés ; je n'en citerai que deux : une condensation de 7 *kg* de vapeur par centimètre carré et par heure, relevée par M. *Emery* dans un cylindre de machine marine (p. 428) et une expérience de *Churchill*, faite au moyen d'une pile thermo-électrique, indiquant, qu'à partir de 3 *mm* de leur surface intérieure, la température des parois reste à peu près invariable (p. 187) (3), de sorte que la partie de leur masse intervenante serait extrêmement faible.

Parmi les moyens à employer pour réduire la perte par les parois, l'auteur conseille le système compound, les grandes vitesses, la grande compression, l'enveloppe, mais timidement : on y renonce souvent, dit-il (p. 353), comme peu rémunératrices, et il déconseille la *surchauffe*, *même légère*, comme dangereuse aux pressions actuelles de 10 atmosphères. Nous sommes obligés de constater que, sur ce point, la pratique des ingénieurs d'Europe n'est pas toujours d'accord avec les conclusions du savant américain (4).

L'auteur passe ensuite à la détermination du rendement organique des machines à vapeur, à l'étude de leur graissage et de leurs divers frottements : étude dont il s'est fait, comme on le sait, depuis longtemps,

(1) Notes de la Guepillière, *Cours de machines*, vol. 2, p. 60.

(2) *Étude calorimétrique de la machine à vapeur*, 1 vol., collection Leaute, Gauthier-Villars, Paris.

(3) *La Lumière électrique*, 11 juillet, 21 novembre 1891, p. 75 et 379.

(4) Hirn. *Exposition analytique*, vol II, page 54, *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils*, mars 1892 et février 1893. Mémoires de MM. *Thurneau* et *Doumerc*.

une spécialité (1) ; aussi, cette partie du chapitre abonde-t-elle en renseignements inédits et des plus intéressants.

Enfin, le chapitre se termine par une série d'évaluations, déduites des considérations thermodynamiques et mécaniques qui précèdent, et qui permettent de calculer, avec une certaine approximation suffisante pour la pratique, le rendement probable d'une machine à vapeur ne s'écartant pas trop de certains types connus.

Le chapitre VI s'occupe spécialement des *machines compound*, qui s'y trouvent étudiées d'après les méthodes mêmes du chapitre précédent. Après avoir clairement défini les avantages généraux du système compound, l'auteur, persistant à considérer l'emploi d'une surchauffe même d'une quarantaine de degrés (p. 588) comme dangereuse et nuisible, reprend l'étude de l'enveloppe avec une prodigalité de considérations, de faits et d'expériences absolument surabondants, dont l'ensemble constitue certainement un dossier des plus complets et des plus instructifs, bien que peut-être un peu confus. Il ne faut pas trop s'en effrayer, puisque l'analyse de toutes ces données, malgré leur apparence parfois contradictoire, conduit, en somme, l'auteur à accepter presque intégralement les conclusions formulées à ce sujet par *Hirn*, puis complétées par MM. *Leloutre* et *Dwelshauvers*, et sur lesquelles il est inutile d'insister ici (2).

Partant de ces principes et de l'analyse de ces nombreuses expériences, l'auteur termine le premier volume de son ouvrage par la discussion de formules et de diagrammes permettant de fixer avec une approximation suffisante pour la pratique la meilleure détente et, en général, les proportions les meilleures à donner à différents types de machines en vue d'une utilisation spécifiée. Je ne puis, on le comprendra, que conseiller la lecture attentive de cette partie assez ardue et bourrée de chiffres du livre de M. Thurston, sans même essayer d'en donner une analyse.

Le *second volume* de l'ouvrage de M. Thurston débute par un long chapitre intitulé : *Principes généraux présidant à l'étude des machines à vapeur*. Ce chapitre renferme une foule de données pratiques sur le choix des machines à vapeur, la dépense, le poids, le prix, l'encombrement des différents types, l'établissement de leurs diagrammes et du meilleur degré de détente, pour les types simples ou compound ; le calcul et la construction des principales pièces : cylindres, pistons, tiges de pistons, pour lesquelles l'auteur recommande (page 95) l'acier au creuset à O. 8 0/0 de carbone, — les manivelles, principalement les manivelles fractionnées, pour les très gros arbres (p. 111), les enveloppes, que l'on fait avantageusement en acier doux (p. 184) et que l'on pourrait, d'après l'auteur et contrairement à l'opinion la plus répandue, supprimer sans inconvénient aux machines à triple expansion (p. 37). Puis vient

(1) Voir l'ouvrage de l'auteur *Friction and Lost Work* et *la Revue industrielle*, 8 février 1890, p. 56.

(2) Voir le *Bulletin* de septembre 1891.

une étude théorique élémentaire des condenseurs, avec quelques résultats d'expériences peu connus chez nous comme ceux de *Isherwood* et de *Nichol* (p. 14) ; une trop courte allusion aux condenseurs-éjecteurs, dont celui de *Morton* est le prototype, et les descriptions de quelques condenseurs séparés : *Wheeler*, etc. (p. 115). L'auteur aborde ensuite, mais d'une façon forcément trop écourtée, les questions si importantes, non seulement des machines marines, mais aussi du navire même de ses propulseurs et de la locomotive. Le chapitre se termine par quelques considérations pratiques sur les chaudières et la description de quelques types de moteurs, parmi lesquels nous citerons la *Turbine de Laval* (page 223).

L'étude de la *distribution* constitue l'objet du second chapitre. On y trouvera un exposé correct des principes de l'établissement des distributions à tiroirs simples ou doubles, à coulisses et à commandes radiales, principalement au moyen du diagrammes de *Zeuner*, ainsi que la description des types de distributeurs les plus usités, parmi lesquels ceux-ci sont, comme plus particuliers aux machines américaines, les tiroirs cylindriques (p. 269), la distribution *Porter-Allen* (p. 355) et la distribution de *Greene* (p. 341) à quatre tiroirs indépendants et à deux excentriques les actionnant par déclics. L'auteur ne dit presque rien des distributions par soupapes, moins usitées aux Etats-Unis qu'en Europe.

Le chapitre III, consacré à la *régularisation*, donne une intéressante description des principaux régulateurs directs, montés sur l'arbre de couche ou dans le volant : *Hartnell*, *Ball*, *Ide*, etc., dont l'emploi est presque de règle aux Etats-Unis avec les machines à grande vitesse ; puis une étude assez complète de la question des *efforts d'inertie* dans les machines à vapeur (1), d'après les travaux de *Porter*, de *Hoadley*, de *Rinterhans*, de *Jacobus* et de MM. *Sickels* et *Wells*, dont l'auteur décrit la remarquable machine équilibrée (p. 300).

On trouve dans le quatrième chapitre intitulé : *Construction et montage des machines*, de très nombreux renseignements sur les métaux usuels et sur leurs alliages, principalement sur les antifrictions, les bronzes et les alliages ternaires, dont l'auteur a fait une étude spéciale (2), ainsi que sur leur travail à l'outil et *à la meule*, que les Américains utilisent mieux et plus souvent que nous ; sur la trempe des outils, l'établissement des dessins, le montage (3) à l'atelier et sur place des moteurs et de leurs transmissions : sujets que l'on trouve rarement traités avec autant d'ampleur et de connaissance pratique. Il en est de même pour ce qui concerne la conduite et l'entretien des machines, la réception, leur mise en route, leur arrêt ; la mise en feu, l'alimen-

1 Voir à ce sujet les travaux de MM. Martin (*Bulletin technologique des Arts et Métiers*, mars et juin 1886 et Nilus (*Annales des Mines*, juillet 1891).

2 *Materials of Engineering*, vol. 3.

3 On trouvera dans les ouvrages de Ledieu de très utiles indications sur le montage des machines marines.

tation, la surveillance des chaudières ; les accidents, au sujet desquels l'auteur donne (p. 597) quelques statistiques intéressantes, et les réparations, qui fournissent à M. Thurston l'occasion de faire connaître de nombreux expédients parfois d'une originalité toute spéciale, comme par exemple, celui-ci : Ayant un cylindre grippé, on prend des segments de pistons on acier trempé très dur, que l'on met en place, après avoir déterminé sur leurs bords un chanfrein coupant ; puis on met doucement en route, jusqu'à ce que le cylindre soit raboté intérieurement par ces bagues (p. 599).

Je ne dirai rien du sixième chapitre, consacré à *l'Essai des machines et des chaudières*, parce qu'il fait en partie double emploi avec le second ouvrage de M. Thurston, dont je vais avoir à vous parler dans un instant ; et je passe immédiatement aux deux derniers chapitres du traité des machines à vapeur qui ont pour titre : *Établissement des spécifications, cahiers des charges et marchés. Considérations financières.* C'est une partie entièrement originale et dont je ne connais l'équivalent, du moins sous cette forme et avec une telle abondance de faits, dans aucun livre d'enseignement. L'auteur donne, dans ces chapitres, toute une série de modèles très complets de spécifications et de cahiers des charges pour les machines fixes et marines, les chaudières, les transmissions, les réceptions de matériaux, la tuyauterie, la robinetterie ; puis toute une suite de tableaux et de cadres tout faits, pour l'établissement le plus détaillé possible du prix de revient et des dépenses de fonctionnement et de réparations des machines fixes, marines, locomotives, ces dernières établies d'après les méthodes bien connues du célèbre statisticien *Price Williams* et de *Mac-Donnell*, sur lesquelles l'auteur aurait pu insister davantage (1). Le chapitre se termine par quelques considérations sur la distribution de l'énergie en général, et principalement par l'électricité.

Le second ouvrage de M. Thurston, intitulé *Essais des machines et des chaudières*, n'a pas la grande importance du premier, mais il a l'avantage de s'occuper d'un sujet des plus importants, et qui n'a pas encore été, à ma connaissance du moins, traité d'une manière aussi complète (2).

La première partie du livre, qui traite de *l'Essai des chaudières*, comprend, à la suite de l'exposé des connaissances indispensables à l'exécution de ces essais, la description très minutieuse de l'ensemble et des détails des précautions à prendre pour assurer la plus grande exactitude possible aux mesures et aux calculs des essais par l'emploi de méthodes-types rationnelles, dont l'auteur spécifie, en des tableaux très clairs, le

(1) *Inst. of Civil Engineers*, vol. XXX et XLVIII ; *Inst. of Mechanical Engineers*, janvier 1879.

(2) Je citerai néanmoins, comme très remarquables, les ouvrages de Buchetti, *Guide pour l'essai des machines*, (2e éd., Paris, Tignol), Dudebout, *Essai des moteurs à vapeur*, et Madamet, *Distribution de la vapeur*, (2 vol., de la collection Leauté).

mode d'application à différentes espèces de chaudières. Puis viennent la théorie et le mode d'emploi des appareils de calorimétrie : *Hirn*, *Barrus*, etc., de prise et d'analyse des gaz : *Wilson*, *Elliott*, *Allen*, parmi lesquels on est surpris de ne pas trouver celui d'*Orsat*.

L'indicateur et *l'analyse des diagrammes* occupent tout naturellement une place importante : deux chapitres de l'ouvrage, où l'on trouve, outre la description des principaux indicateurs — des Américains surtout — une foule de considérations pratiques sur leur tarage et l'établissement de leurs connexions dans les cas les plus divers ; la discussion, la planimétrie et la correction des diagrammes ; l'emploi des appareils auxiliaires, tels que les tachymètres et les chronographes ; le calcul des espaces nuisibles et des dépenses de vapeur par le diagramme. Certaines parties : la théorie du planimètre et la monographie des indicateurs de vitesse, semblent trop écourtées ; on n'y a pas mentionné les indicateurs d'inertie (1), mais c'est surtout au chapitre des *freins* et *dynamomètres* que l'on peut adresser ce reproche : il est à refaire dans une prochaine édition.

On ne saurait en dire autant des chapitres consacrés aux *Types et exemples d'essais de machines*, dans lesquels l'auteur n'a pas hésité à faire ressortir tout le mérite de l'école de *Hirn* : on y remarquera particulièrement l'exposé (p. 351) des essais exécutés, en 1887, par la *Société royale d'Agriculture* d'Angleterre (1) sur les locomobiles et les locomotives routières, ainsi que quelques essais de locomotives par le Pensylvanian Railway (p. 365) ; ceux de la remarquable machine marine de Perkins, *l'Anthracite* : compound à récupération d'eau, marchant avec une détente de 33 sous une pression très élevée, mais qui n'est pas donnée par l'auteur (2) ; et aussi des essais de pompes à vapeur, notamment ceux d'une *Worthington*, exécutées d'après les méthodes bien connues de *Farey* et *Isherwood*, dérivées presque immédiatement de celles de *Hirn*. L'auteur n'a pas négligé les *Moteur à gaz* : il donne en effet les principaux résultats des essais désormais classiques de *Brooks et Steuart* et de la Société des Arts de Londres (1890), mais sans insister, à notre avis, suffisamment sur l'interprétation de leurs résultats. Le livre se termine par quelques considérations sur les machines à vapeurs d'éther, et par l'exposé d'un essai, peu favorable en somme, d'une machine à vapeur d'ammoniaque.

Ce second ouvrage de M. Thurston n'est pas, au fait, un livre d'enseignement ou de cours proprement dit, mais un ouvrage essentiellement pratique, groupant, sous un format relativement modeste, à côté de documents généraux très précieux, une foule de renseignements spéciaux, dont quelques-uns sont même inédits, ou qui se trouvaient auparavant dispersés dans des revues particulières pratiquement inaccessibles à la majorité des Ingénieurs ; c'est donc un livre qui s'adresse particulièrement au praticien, et nous ne craignons pas d'affirmer qu'il sera des plus utiles à tous ceux qui ont à s'occuper d'un peu près de la machine à vapeur, à y mettre, comme on dit, la main à la pâte.

(1) *La Lumière électrique*, 13 déc. 1884, p. 412.

(2) 20 atmosphères environ à la chaudière (*Engineering*, janvier 1891, p. 12).

Après ce compte rendu un peu long, mais, en somme élogieux, comme elle le mérite assurément, de l'œuvre de M. Thurston, il serait injuste de ne pas adresser au moins un mot de félicitation à ses laborieux traducteurs *MM. Demoulin* et *Roussel*, et aussi à deux travailleurs discrets, dont le nom ne figure même pas sur la couverture de ces livres, mais qui se sont, néanmoins, fort bien acquittés d'une tâche particulièrement ingrate et difficile : la conversion, en unités françaises ou métriques, des innombrables formules et chiffres dont fourmillent les deux ouvrages de M. Thurston. Ces deux collaborateurs sont *M. Gauthier*, préparateur du cours de mécanique au Conservatoire des Arts et Métiers, pour les *Essais des machines*, et, pour le *Traité des machines à vapeur*, *M. Béranger*, Ingénieur civil des mines, l'un des chefs de la maison *Baudry*, qui a su apporter ainsi, pour cette belle édition, à côté de son appui commercial et financier, un concours scientifique, dont l'exemple est véritablement trop rare pour ne pas l'en féliciter d'une façon toute particulière.

GUSTAVE RICHARD.

LETTRE

DE

M. A. MALLET

AU SUJET DE L'OUVRAGE DE M. LE PROFESSEUR THURSTON

SUR

LA MACHINE A VAPEUR

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

N'ayant pu assister à la séance du 19 mai dans laquelle M. G. Richard a présenté à la Société le compte rendu du *Traité de la Machine à vapeur* de M. Thurston, je n'ai eu connaissance qu'aujourd'hui du texte de l'analyse de notre collègue. Je m'associe pleinement à l'appréciation de celui-ci, sur la valeur de l'ouvrage si important du professeur américain, mais il m'est impossible de ne pas ajouter aux légères critiques que M. Richard a introduites dans son compte rendu, l'expression du regret de trouver, dans l'ouvrage qui en fait l'objet, une lacune qui doit nous toucher profondément à tous les points de vue.

On ne peut se dissimuler que l'auteur est loin d'avoir fait à la science française la part qui lui est légitimement due dans l'histoire de la machine à vapeur; on trouve dans son livre relativement peu de noms français à côté des noms américains, anglais et allemands, et on doit regretter de voir passer sous silence certains des premiers qui nous sont chers et dont la place est brillante dans l'histoire de la machine à vapeur. Ces lacunes ne pourront manquer de frapper ceux d'entre nous qui liront l'ouvrage de M. Thurston ; il nous suffira d'en citer deux.

L'ouvrage américain décrit et discute les machines à vapeur combinées qui ont joué un rôle important dans la marine il y a quarante ans; il donne les résultats des expériences faites sur la machine de ce système, du paquebot le *Brésil* (pages 704 et suivantes, volume II), mais il ne fait aucune mention du nom de Du Trembley !

La seconde lacune est encore plus grave.

En 1885, M. le président de Comberousse voulut bien nous charger de présenter à la Société le *Guide pour l'essai des machines* de notre confrère, M. Buchetti. Dans la séance du 10 avril 1885, nous nous exprimions comme suit : « Nous tenons à rappeler que la véritable théorie pratique de l'action de la vapeur dans les cylindres des machines, laquelle seule rend compte, d'une manière satisfaisante, de la différence qui existe entre le poids de vapeur indiqué par le diagramme et le poids de vapeur réellement entré dans la machine, est due à Combes et à Thomas, le maître regretté d'un grand nombre d'entre nous. Il y a plus de

trente ans (1) que cette théorie, nouvellement admise aujourd'hui, est enseignée à l'École Centrale, et tous les raisonnements par lesquels on a cherché à démontrer que les idées communiquées par Thomas, aux nombreuses promotions de l'École, n'étaient que de pures suppositions basées sur des expériences grossièrement approximatives et que Thomas n'était tout au plus qu'un précurseur inconscient, ne sauraient prévaloir contre les textes si nets et si précis contenus dans les cahiers de notes qu'un grand nombre d'entre nous possèdent et conservent avec un soin religieux.

» C'est avec une véritable surprise et un chagrin réel que nous avons vu récemment un de nos collègues américains, professeur éminent, publier un historique des recherches théoriques concernant la machine à vapeur, historique dans lequel il n'est pas fait la plus légère allusion au rôle capital rempli dans cette question par un Ingénieur qui a joint, à des travaux personnels de premier ordre, le mérite d'avoir enseigné les vrais principes de la machine à vapeur à des milliers, on peut le dire, d'Ingénieurs répartis dans tous les pays du monde, alors que ces principes étaient méconnus partout ailleurs. »

L'allusion que nous faisions en 1883 visait précisément un premier ouvrage de M. le professeur Thurston : l'*Histoire de la Machine à vapeur*, traduite en français par M. Hirsch en 1880 ; on voit que la lacune que nous signalions alors existe toujours dans le nouvel ouvrage où l'auteur, sans tenir compte de la célèbre communication de Combes, à l'Académie des sciences, le 3 avril 1843, des explications données par cet Ingénieur dans son *Traité d'Exploitation des mines*, publié en 1845, et des travaux et des leçons de Thomas, persiste à faire à l'ingénieur anglais D.-K. Clark l'honneur de la première indication relative à la notion des condensations initiales aux cylindres (page 273, volume I).

Nous croyons donc indispensable de protester contre ces oublis, au nom de la science française, au nom de l'École Centrale qui a eu la première un cours de machines à vapeur et qui, la première, y a enseigné les vrais principes, et au nom de la Société des Ingénieurs civils, dont Thomas a été un des membres les plus brillants et eût été certainement un des présidents, si la mort n'eût terminé trop tôt sa carrière.

Nous comptons fermement voir réparer cet oubli dans la prochaine édition du remarquable ouvrage de M. Thurston, édition que, comme M. Richard, nous souhaitons prochaine à l'auteur, et nous pensons que nous pourrions en tous cas nous reposer, pour cette réparation patriotique, sur la bonne volonté des éditeurs et des traducteurs.

Au surplus, nous avons peut-être tort de nous étonner de trouver ces omissions sous la plume d'un auteur américain, alors qu'on les rencontre dans des ouvrages tout récents publiés par des écrivains français qui ne paraissent pas se préoccuper plus que les étrangers de rendre à des compatriotes la justice qui leur est due.

Veuillez agréer, Monsieur le Président, l'expression de mes sentiments les plus distingués,

A. MALLET.

(1) Nous avons reproduit dans la Chronique de septembre 1880, pages 307 et suivantes, ce qui est relatif aux condensations intérieures du cours autographié de Thomas à l'École Centrale ; le professeur y dit avoir enseigné ces théories aux élèves dès l'année 1837-38, ce qui ferait aujourd'hui plus de cinquante-cinq ans.

NOTES

DE

NOS CORRESPONDANTS DE PROVINCE ET DE L'ÉTRANGER

LE PALAIS PRINCIPAL

DE

L'EXPOSITION DE LYON EN 1894

PAR

M. A. LEGER

Lyon prépare pour 1894 une Exposition internationale et coloniale à une échelle digne de la deuxième ville de France ; elle donne pour cadre à cette grande fête industrielle son magnifique Parc de la Tête-d'Or, à peu près sans rival en Europe.

Sans prétendre faire oublier les tours de force des grandes Expositions antérieures, dans les limites d'un budget restreint, on a cherché à réaliser pour ces arènes industrielles une construction point banale, ou, comme on dit aujourd'hui, un *clou* qui ne fît pas trop mauvaise figure auprès des merveilles qu'on a pu admirer précédemment.

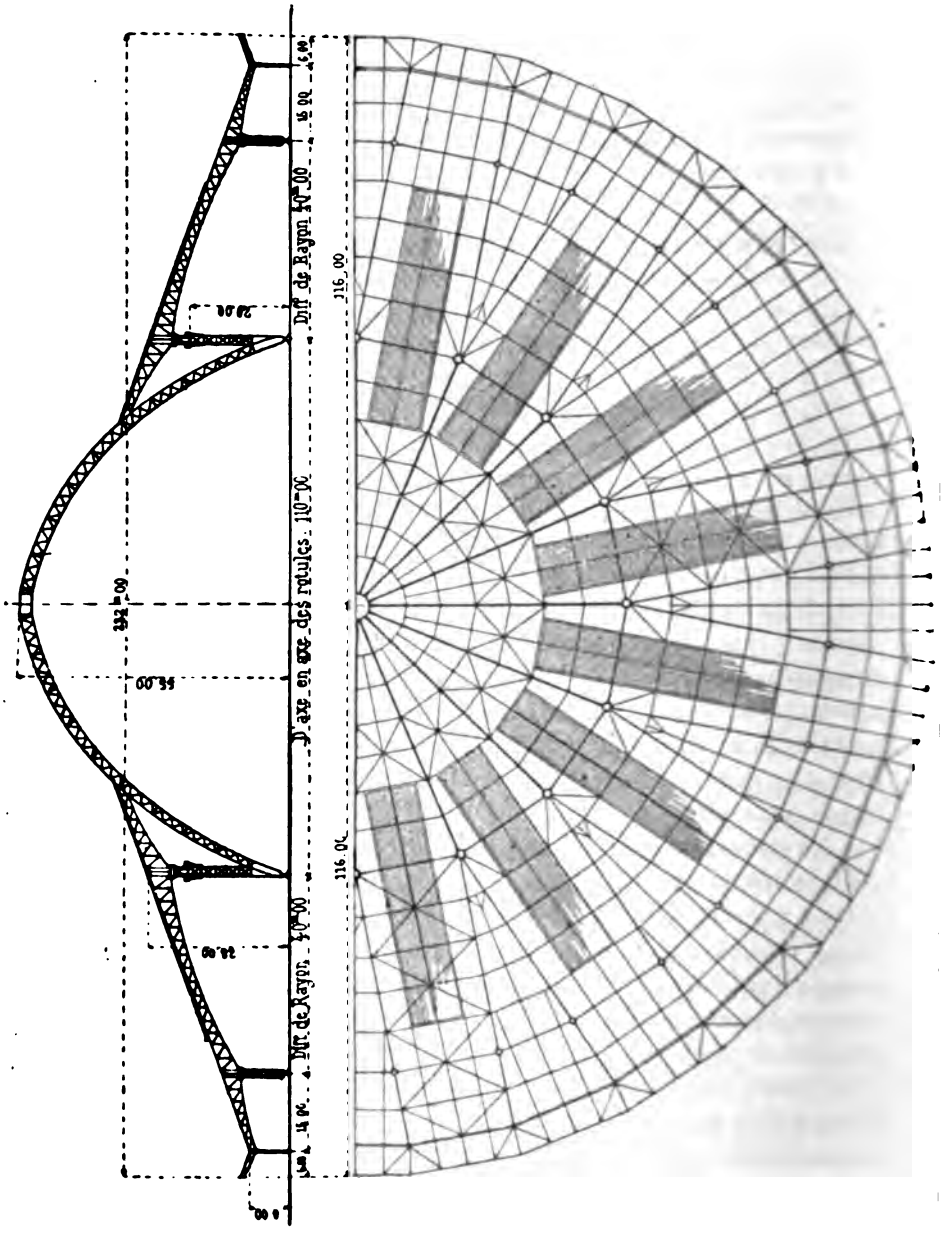
C'est dans la construction du Palais principal que se sont concentrés les efforts des constructeurs lyonnais.

On a adopté, en vue du classement ordonné des produits, la forme *circulaire* ou polygonale régulière, qui se prête le mieux, comme en 1867, au double rangement méthodique par secteurs suivant les nationalités, et par galeries concentriques pour les produits de même nature.

La forme polygonale a semblé préférable à la forme curviligne, comme plus favorable à la disposition architecturale des frontons sur la façade extérieure, à l'installation plus simple des vitrines, des transmissions, etc.

Cette forme comportera encore assez bien l'installation d'un *trottoir mobile* pour la circulation des visiteurs.

L'électricité devant tenir une grande place dans cette Exposition, un dôme central surélevé recevra un foyer gigantesque pour éclairer et signaler la construction principale.



Pour ce Palais, qui couvre une surface totale de 42 273 *m*, on a divisé l'ossature métallique en deux parties : une *coupole* centrale de 110 *m* de diamètre, formée de huit fermes ou de seize demi-arcs reposant sur des rotules en fonte de 0,160 *m* de diamètre aux retombées, et assemblées à une couronne supérieure, et une *partie annulaire* de 61 *m* de largeur, supportée par trente-deux poutres-arbalétriers qui portent sur des poteaux articulés.

L'ensemble constitue en plan un polygone de trente-deux côtés, dont les grands diamètres ont 232 *m* de longueur, y compris un promenoir extérieur de 6 *m* de largeur.

La couronne centrale de la *grande coupole*, de 1,85 *m* de hauteur et de 5 *m* de diamètre, s'élève à 55 *m* au-dessus du sol et supportera un élégant campanile. La calotte supérieure sera couverte et chargée sur les deux cinquièmes seulement de la hauteur, planant avec une hardiesse sans pareille, soutenue à 35 *m* en l'air par le prolongement convergent des seize demi-arcs en piliers isolés espacés de 21,50 *m* à leurs naissances.

Pour cette construction, on a encore adopté le fer, qui donne déjà des dimensions assez grêles, comme nous allons le voir. En surplus du poids propre de la charpente et de la couverture, on a admis dans les calculs une surcharge de 50 *kg* de neige ou la poussée d'un vent soufflant avec une intensité de 200 *kg* par mètre carré de surface normale.

Les demi-fermes de la coupole sont incurvées, non pas en arc-de-cercle, mais en anses de panier se rapprochant de la parabole; en section droite, les arcs constituent des caissons de 1 *m* à 1,85 *m* de hauteur, à membrures pleines de 0,80 *m* de largeur, reliées sur les côtés par des montants et des latices en fers en U de 0,070 *m* de largeur.

Les courbes des pressions et les éléments de l'arc ont été déterminés par de nombreuses épures établies dans les conditions les plus diverses, de surcharges symétriques et dissymétriques, en supposant les fermes solidement assemblées avec la couronne supérieure ou simplement articulées à sa rencontre. Le tracé adopté enferme très étroitement dans les limites des membrures les courbes des pressions pour les diverses hypothèses : les semelles travaillent tout à fait exceptionnellement à 8 *kg* par millimètre carré dans les cas les plus défavorables, normalement à moins de 7 *kg*, les barres de treillis à 5 *kg* au maximum.

La charpente annulaire ou tronconique (sous une pente de 30°)

est supportée par 32 fermes soutenues, chacune, par deux piliers posés sur rotules, le pilier intérieur se soudant à la retombée de l'arc ; sur ce pilier intérieur les fermes se réunissent deux à deux pour se continuer par un encorbellement unique jusqu'aux reins des arcs de la rotonde. Ces piliers ménagent entre eux une belle travée de 40 *m*, avec une plus grande hauteur de 28 *m*.

Les membrures, montants et diagonales, travaillent encore au maximum de 8 *kg*.

Les fermes principales, arcs et poutres, sont reliées et contreventées par des pannes dont les plus grandes ont 21,46 *m* de portée. Les piliers intérieurs soutiennent, à 20 *m* de hauteur, un balcon-promenoir d'où l'on jouira d'une magnifique vue d'ensemble sur toute l'Exposition.

Dans ces conditions, le poids total de la charpente métallique en œuvre sera seulement de 2 300 *t*, représentant pour les 42 273 *m* de surface couverte, un poids de 54 *kg* par mètre carré, sensiblement le même pour la coupole et pour la surface annulaire.

Une grande partie de la couverture sera exécutée en zinc, en ménageant des châssis vitrés ; par économie, on a adopté des pannes et des chevrons en bois pour supporter le voligeage : en réduisant en poids de fer cette partie de charpente en bois, pour avoir une comparaison plus exacte avec les autres travaux antérieurs, on aurait de ce chef à ajouter environ 18 *kg* de fer par mètre carré, ce qui porterait à 72 *kg* le poids de métal par mètre carré de surface couverte, soit à 3 044 *t* dans l'ensemble.

Par mètre cube de volume en ferme (901 000 m^3), nous aurions un poids de 3,63 *kg* de métal.

La Galerie des Machines, à l'Exposition de 1878, couvrait sensiblement la même surface, 45 924 m^2, et le même volume de 904 702 m^3 ; le poids était de 7 600 *t* de fontes et fers ; soit de 165 *kg* par mètre carré, et 8,40 *kg* par mètre cube abrité.

Le Palais des Machines, en 1889, avec la portée de 115 *m* de ses fermes et sa hauteur de 45 *m*, couvrait une surface de 62 013 m^2 et comprenait un volume de 2 019 000 m^3, avec un poids de fontes et fers de 7 714 *t* pour la grande nef seulement, soit un poids de 160,30 *kg* par mètre carré et de 4,40 *kg* par mètre cube.

A la dernière Exposition de Paris, on ne trouvait le poids de 72 *kg* au mètre carré que pour les fermes de 25 *m* et de 11 *m* de hauteur, mais avec un poids de 6,40 *kg* par mètre cube de capacité intérieure.

Les très habiles constructeurs lyonnais, MM. Patiaud et Lagarde, en réalisant une réduction de plus de *50 0 0* sur les tonnages employés aux constructions similaires, ont fait une œuvre d'une hardiesse étonnante qui sollicite l'attention de tous les Ingénieurs.

Le montage a été fort heureusement et fort rapidement conduit par M. Balme, bien connu pour ses beaux travaux exécutés au Champ-de-Mars en 1889. Il a élevé un pylône central pour soutenir la couronne de retombée des fermes ; les deux demi-arcs, assemblés à terre et amenés à l'aplomb de leur position définitive, ont été symétriquement levés deux à deux dans le plan diamétral au moyen de deux pylônes mobiles auxiliaires qui les soulevaient aux deux tiers de leur longueur, pendant que deux grues conjuguées installées au sommet du grand pylône rappelaient et guidaient l'extrémité de chacune des demi-fermes ; le talon inférieur cheminait, supporté sur un essieu, jusqu'à l'aplomb de la rotule sur laquelle il venait se déposer. Cette manœuvre s'est effectuée avec une rare précision, à la vitesse ascensionnelle de 10 *m* à l'heure. Le montage de toute cette coupole n'a pas demandé plus de cinq semaines. La symétrie parfaite du montage a permis d'équilibrer constamment tous les efforts sans aucune tendance au renversement de ces échafaudages, d'une légèreté non moins étonnante que l'ossature définitive.

Les devis estiment à 46 *f* le mètre carré le prix de revient total de cette gigantesque construction, y compris fondations, charpentes en fer et en bois, toiture en zinc, vitrerie, peintures, tentures et parquets.

Au point de vue de l'esthétique, on pourra certainement critiquer le profil général adopté : la disproportion entre les hauteurs des bas-côtés (8 *m*) et de la coupole centrale (35 *m*) est choquante : l'ensemble a l'aspect d'une grande tente, idée que comporterait à la rigueur l'installation plus ou moins provisoire d'une Exposition, mais dont s'accommode moins une construction métallique ; le bombement de la coupole qui émerge de la surface trapézoïdique sans raccordement avec les lignes fuyantes du pourtour n'est pas pour améliorer l'impression.

Quoi qu'il en soit, au point de vue technique, il y a là une tentative d'une extrême audace ; il est difficile de décrire la sveltesse et la gracilité de ces dentelles de fer qui semblent de véritables toiles d'araignée lancées dans les airs ; l'expérience portera sans nul doute son enseignement et encouragera les Ingénieurs à de nouvelles hardiesses économiques qui étendront de plus en plus le domaine des constructions métalliques.

CHRONIQUE

N°. 161.

SOMMAIRE. — Les fuites des tubes de chaudières. — Distribution hydraulique de force à Londres. — Extraction du goudron et de l'ammoniaque des gaz des hauts fourneaux. — Ressources houillères de l'Europe. — Une machine légère. — Vitesses réalisées sur les chemins de fer. — Le touage sur l'Elbe.

Les fuites des tubes de chaudières.

Nous avons donné, dans les chroniques d'avril, mai et juin 1891, le résumé d'un mémoire de M. Yarrow sur les chaudières tubulaires et le tirage forcé. Cette question est une de celles qui intéressent le plus vivement la presse technique en Angleterre et, depuis plusieurs mois, on pourrait dire depuis plusieurs années, les journaux de ce pays sont remplis d'articles, mémoires ou lettres relatifs à la difficulté de maintenir étanches les tubes des chaudières marines, surtout lorsqu'on emploie le tirage forcé.

Nous donnons, d'après l'*American Engineer and Railroad Journal*, un résumé des diverses opinions présentées récemment et notamment d'un travail qui emprunte une grande autorité à la personnalité de son auteur.

Il n'a jamais été expliqué d'une manière bien satisfaisante pourquoi la difficulté de tenir les tubes étanches est plus grave dans les chaudières marines que dans les chaudières des locomotives. Le journal *Engineering* a publié sur ce sujet un long article éditorial dans son numéro du 24 février dernier. On y cite beaucoup de témoignages qui attribuent la difficulté à un grand nombre de causes diverses et qui proposent un non moins grand nombre de remèdes. Les uns insistent sur ce que la différence de température entre les deux faces des plaques tubulaires obligent celles-ci à prendre une forme convexe du côté du foyer et recommandent l'usage de plaques d'épaisseur relativement faible. C'est, comme on l'a vu, l'opinion de M. Yarrow qui trouve que les tubes, même lorsqu'ils viennent à fuir, entretoisent suffisamment les plaques pour qu'elles aient toujours assez de résistance. D'autres, au contraire, s'opposent à la réduction d'épaisseur des plaques, avançant que les plaques minces ne feront pas un long service.

Il y a un point sur lequel on ne semble pas être bien d'accord, c'est celui de savoir si les trous qui reçoivent les tubes s'aggrandissent ou se rétrécissent par la chaleur en service ordinaire. Certains prétendent que la cause des fuites autour des tubes consiste en ce que l'extrémité du tube dilatée par la chaleur et serrée contre la périphérie du trou de la plaque éprouve de ce fait une contraction permanente et que, lorsque la température vient à diminuer, le tube ne remplit plus le trou exactement et laisse un passage à l'eau. Un correspondant qui soutient

cette thèse ajoute : « Le retard apporté à l'amélioration de cet état de choses tient à ce que jusqu'ici tous les efforts ont été dirigés vers le perfectionnement des emmanchements des tubes et dans la réduction des efforts qui s'exercent sur les plaques, tandis qu'on aurait dû plutôt s'attacher à faciliter la circulation de l'eau contre les plaques tubulaires. » L'auteur propose donc comme remède l'emploi de cloisons destinées à faciliter la circulation et celui d'une sorte d'hélice fonctionnant dans un tube placé dans la chaudière, sous l'action d'une petite machine disposée à l'extérieur et imprimant à l'eau un déplacement convenable.

Nous introduirons ici une parenthèse pour rappeler que, d'après des autorités d'une compétence indiscutable, la vaporisation le long des plaques tubulaires serait tellement imparfaite que dans cette région il n'y a pas du tout d'eau, mais rien que de la vapeur. Ainsi notre éminent collègue M. A. Normand, dans son mémoire sur « la machine à vapeur », publié dans le *Bulletin* de décembre 1890 et récompensé du prix annuel de la Société des Ingénieurs civils, s'exprime ainsi, page 866 : « Une expérience fort intéressante faite au port de Cherbourg prouve l'énormité de la production de la vapeur dans le voisinage de la boîte à feu. Un robinet fut posé sur l'enveloppe d'une chaudière locomotive et prolongé par un tube de petit diamètre à l'intérieur jusqu'auprès de la plaque à tubes. Ce robinet étant ouvert pendant la chauffe active n'a laissé passer que de la vapeur. » D'autre part, dans la discussion qui a suivi la communication de M. Yarrow à l'Institution of Naval Architects, en 1891, communication rappelée au début de cette note, M. Morrom, de Birmingham, a indiqué que trente ans auparavant, on avait fait, sur un chemin de fer en Irlande, un essai analogue en employant des tubes horizontaux traversant la plaque tubulaire de la boîte à fumée et terminés en dedans de cette boîte par un robinet. L'autre extrémité des tubes se trouvant à 25 à 50 *mm* de la plaque tubulaire du foyer, il ne sortait par le robinet que de la vapeur absolument sèche et il fallait éloigner cette extrémité de 0,30 *m* de ladite plaque tubulaire pour qu'il sortît de l'eau.

D'autre part, M. A.-J. Durston, Ingénieur en chef de la marine anglaise, ne partage pas non plus l'avis de M. Yarrow et ne croit pas que le remède soit dans l'emploi de plaques tubulaires de faible épaisseur. D'après lui, le mal est dans la chaleur excessive que subissent ces plaques non rafraîchies par l'eau; si celle-ci ne se renouvelle pas suffisamment, les tubes fuiront, que les plaques soient minces ou épaisses. Cet Ingénieur a récemment présenté à l'*Institution of Naval Architects* un mémoire d'une grande valeur intitulé : « Quelques expériences sur la transmission de la chaleur à travers les plaques à tubes », dans lequel il rapporte un grand nombre de recherches et d'essais sur la question et sur lesquels nous reviendrons plus loin. En somme, la plupart des auteurs sont d'accord sur la nécessité de faciliter la circulation de l'eau dans le voisinage de la plaque tubulaire. Notre collègue, M. A. Normand, que nous citions tout à l'heure, emploie des tubes dont le diamètre est réduit dans le voisinage de la plaque tubulaire du foyer sur 0,40 *m* environ, pour laisser plus de place à l'eau dans cette partie.

On a fréquemment discuté sur la disposition des tubes par rangées verticales ou horizontales et quelques personnes affirment avoir trouvé des avantages sérieux en disposant les tubes par files horizontales. D'autres contestent cette supériorité et pensent que les résultats favorables obtenus ont pu être dus à d'autres causes.

On a également proposé, pour déterminer la circulation de l'eau dans les chaudières, de diriger l'eau d'alimentation dans le voisinage de la plaque tubulaire, de manière à y déterminer un courant; mais on n'a point constaté d'avantages sérieux provenant de ce procédé. On a employé également des cloisons ou diaphragmes destinés à diviser l'eau et à produire des courants ascendants et descendants distincts et séparés. On a aussi proposé différents moyens de protéger les extrémités des tubes par des bagues de matières diverses, parmi lesquelles la fonte malléable a probablement donné les meilleurs résultats. On a essayé de recouvrir les plaques avec une composition faite de plombagine, de ganister et de terre réfractaire, ou même avec des briques réfractaires, dans le but de réduire le passage du calorique à travers les plaques et les extrémités des tubes.

Tout le monde paraît être d'accord sur ce point que la pose des tubes exige les plus grands soins et les précautions les plus minutieuses. M. Yarrow a insisté sur le mauvais résultat que produit inévitablement un mandrinage conique effectué dans un trou cylindrique. L'éditeur de l'*Engineering* dit à ce sujet — et tous les mécaniciens sérieux seront d'accord avec lui — qu'un point d'une importance considérable est que les tubes soient parfaitement propres aux extrémités où ils doivent s'emmancher dans les trous des plaques et leur surface extérieure libre d'oxydation. Les tubes en fer ou en acier doivent avoir leurs bouts décapés à la meule ou à la lime avant l'insertion dans les plaques tubulaires et on doit prendre des précautions pour ne pas les laisser rouiller de nouveau entre ce nettoyage et la pose.

L'article du journal anglais auquel il est fait allusion ne parle pas de l'emploi de bouts en cuivre rouge, formant les extrémités des tubes et portant dans les trous des plaques. Cet usage est général pour les tubes de fer ou d'acier dans la construction des locomotives et il serait difficile d'obtenir autrement une étanchéité suffisante.

Il est certain que dans cette question on discute fréquemment sur les causes probables de certains faits dont l'existence aurait d'abord besoin d'être absolument prouvée, rappelant ainsi la célèbre histoire de la carpe des académiciens de Florence. En somme, on est très peu fixé sur ce qui se passe dans l'intérieur d'une chaudière et si on pouvait voir, par quelque moyen, comment la vapeur se produit et comment l'eau circule dans une chaudière de locomotive sous l'action d'une combustion énergique, nos connaissances sur la matière y gagneraient beaucoup. Il ne semble pas impossible d'éclairer avec l'aide de la lumière électrique l'intérieur d'une chaudière et d'observer ou même de photographier à travers des ouvertures garnies de glaces ce qui s'y passe. Les résultats d'une telle investigation seraient probablement très intéressants.

Le mémoire de M. A.-J. Durston sur la transmission du calorique à travers les plaques à tubes, que nous avons déjà mentionné, contient,

comme nous l'avons indiqué, un grand nombre de résultats d'essais de nature à jeter quelque lumière sur ce sujet si peu connu jusqu'ici. Nous allons citer quelques-uns de ces résultats.

Le fond bien propre des deux côtés d'un vase dans lequel on faisait bouillir de l'eau, fond ayant 6 *mm* environ d'épaisseur, a accusé du côté du feu une température de 115° centigrades. Si on met sur le côté de l'eau une couche de graisse extraite de l'intérieur d'une chaudière à vapeur, la température de la surface inférieure s'élève par l'ébullition de l'eau à 165° centigrades. On s'est servi pour les deux expériences d'un bec Bunsen.

Pour constater la température au centre d'une plaque de 19 *mm* d'épaisseur, ressemblant à une plaque tubulaire et exposée à un feu de forge, on a percé des trous dans cette plaque, normalement aux trous des tubes, et on y a inséré des chevilles en alliages fusibles. Avec une température du feu évaluée à 1 100° centigrades en nombre rond, les alliages entrant en fusion à 143° centigrades ont été trouvés fondus et les alliages entrant en fusion à 163° centigrades ont résisté. On peut donc estimer la température du centre de la plaque à 150 ou 160° centigrades.

Pour apprécier la température à laquelle il y a surchauffe, c'est-à-dire celle qui amène les fuites autour des tubes, on a établi une chaudière avec des tubes, les uns en laiton, les autres en fer et en acier; on a chauffé ces tubes à une température de 278° centigrades, celle de la fusion du plomb. Ensuite on a essayé la chaudière à une pression de 14 *kg* par centimètre carré; les tubes ont été trouvés pratiquement étanches. On a de nouveau chauffé la chaudière, cette fois à 400°, température de la fusion du zinc; deux des tubes en laiton se sont fendus et il a fallu en remandriner deux autres. En faisant de nouveau l'essai sous la pression de 14 *kg*, on a constaté de légères fuites autour de la plupart des tubes en laiton et en acier, mais pas le moindre suintement autour des tubes en fer. On a ensuite chauffé de manière à amener la plaque tubulaire au rouge, soit 770° centigrades environ; en faisant après l'essai à la pression, on a trouvé que tous les tubes avaient des fuites assez abondantes pour empêcher d'atteindre la pression voulue. On a conclu de ces expériences que la température à laquelle une plaque tubulaire doit être portée pour que les tubes commencent à perdre d'une manière appréciable est à peu près celle de la fusion du zinc, soit 400° centigrades environ.

D'autres essais ont montré qu'une couche mince de matières grasses sur la surface extérieure des tubes d'une chaudière réduisait de 8 à 19 0 0 l'efficacité de la surface de chauffe; la moyenne d'un grand nombre d'expériences a donné 11 0 0. La température de la surface exposée au feu d'une plaque sur laquelle on faisait bouillir de l'eau dans des conditions entraînant des températures supérieures à 100° centigrades, a donné les valeurs contenues dans le tableau suivant :

	TEMPÉRATURE de la face chauffée de la plaque.	TEMPÉRATURE DE L'EAU	DIFFÉRENCE
	Degrés centig.	Degrés centig.	Degrés centig.
Bec Bunsen	220	184	36
Feu de forge.	220	173	47
Feu de forge avec couche de graisse.	265	181	84
Feu de forge avec couche de graisse plus dure	287	177	110
Feu de forge avec couche de graisse plus épaisse	325	27	298

Des essais faits sur la manière dont se comportent comparativement les tubes de diverses matières ont fait voir que les tubes en laiton et en cuivre éprouvent des fuites, même lorsque la plaque tubulaire n'est pas chauffée à la température du plomb en fusion, soit à 325° centigrades. On n'a pas constaté que les pressions les plus élevées de la vapeur amenassent un accroissement appréciable de la différence entre les températures du côté le plus chaud des plaques tubulaires et de l'eau de la chaudière. Cette observation a un certain intérêt, parce qu'on a voulu quelquefois présenter l'accroissement des pressions comme une des causes de la difficulté qu'on éprouve à faire tenir les tubes dans les chaudières actuelles.

Il a été fait des essais pour déterminer la température au milieu de l'épaisseur d'une plaque tubulaire ; on s'est servi à cet effet d'une chaudière expérimentale fonctionnant à foyer clos et cendrier soufflé à une pression modérée. On avait pratiqué dans le milieu de la plaque des trous dirigés normalement aux parois des trous des tubes et on avait inséré dans ces trous des chevilles d'alliages fusibles à diverses températures. Avec une température de 1700° centigrades dans la chambre de combustion, on a constaté que la température au milieu de l'épaisseur de la plaque était comprise entre les limites de 275° et 282° centigrades.

D'autres expériences ont été faites pour déterminer la température du côté extérieur et au centre de la plaque tubulaire dans une chaudière expérimentale fonctionnant à tirage forcé avec chambre de chauffe close. La température dans la chambre de combustion variant de 1400 à 1780° centigrades, la température de l'extérieur de la plaque a été de 570° centigrades et celle du centre de la plaque de 360 à 400° centigrades.

Une série d'essais effectués pour comparer les tubes en fer de Lowmoor et les tubes en acier a fait voir que, en ce qui concerne les fuites, les premiers ne présentent aucune supériorité, les tubes en acier ont l'avantage de supporter plus facilement le mandrinage, ce qui semble justifier la préférence qui leur est généralement accordée.

Dans ces essais la première épreuve a eu une durée de cinq heures avec 75 *mm* de pression d'air; il ne s'est produit aucune fuite autour des tubes. La seconde épreuve a été faite avec 75 *mm* de pression d'air pour les deux premières heures et 87 pour les trois dernières. A la fin de l'essai on fit fonctionner le ventilateur encore quelque temps après que

le fer eut été jeté, et aucune fuite ne fut constatée autour des tubes. Ce fait est important parce qu'on invoque fréquemment comme cause de ces fuites l'action des courants d'air froid.

Dans une épreuve subséquente, on introduisit de l'huile minérale dans la chaudière et des fuites se produisirent immédiatement. Ainsi la chaudière expérimentale avait résisté avec des températures poussées à 1682° centigrades dans la chambre de combustion et 890° centigrades dans la boîte à fumée et à un refroidissement brusque, et une simple addition de matières grasses a déterminé immédiatement les fuites qui ne s'étaient pas produites jusque-là.

On a déterminé à l'arsenal de Keyham la température à divers points des tubes d'une chaudière marine ordinaire par une série d'expériences spéciales dans lesquelles on se servait du pyromètre thermo-électrique de Le Châtelier dont la partie bimétallique était fixée au bout d'une tringle qu'on introduisait plus ou moins avant dans les tubes. Cette chaudière avait deux foyers et 166 tubes de 70 mm de diamètre extérieur et 2,03 m de longueur. On brûlait 83 *kg* de combustible par mètre carré de grille. Voici les résultats représentés par les moyennes de huit expériences. Ils présentent quelques anomalies inévitables, mais la loi générale ressort très nettement.

		Degrés Centigrades.
Température dans la chambre de combustion . .		893
— au bord des tubes		842
dans les tubes à 0,025 du bord . . .		796
— — 0,050 — . . .		774
— — 0,075 — . . .		762
— 0,100 — . . .		766
— — 0,125 — . . .		758
— — 0,150 — . . .		762
— — 0,175 . . .		759
— — 0,200 — . . .		765
— — 0,357 . . .		731
— 0,507 . . .		709
— — 0,814 . . .		647
— 1 119 . . .		596
— 1 324 . . .		543
— 1 729 . . .		496
— 2 034 — . . .		473
— dans la boîte à fumée		416

Les chiffres qui précèdent permettent de conclure que, même au delà de 1,83 m de longueur (6 pieds anglais), les tubes transmettent encore du calorique en quantité appréciable. Si c'est le cas dans une chaudière brûlant seulement 83 *kg* de combustible par mètre carré de grille et par heure, il serait intéressant de savoir ce qui se produirait avec un générateur de locomotive brûlant de 400 à 500 *kg*, c'est-à-dire cinq à six fois plus pour la même surface et le même temps.

Il a été fait des expériences sur des chaudières à bord pour chercher

le remède aux fuites des tubes. On a, en effet, éprouvé beaucoup de désagréments avec deux types de chaudières : les chaudières doubles avec chambre de combustion commune aux foyers opposés et les chaudières type de locomotives. On a essayé beaucoup de procédés pour venir à bout des fuites des tubes. Les principaux sont : le mandrinage des tubes avec formation d'un épaulement contre la plaque à l'intérieur; le rabattement du bord du tube sur la plaque tubulaire; le mandrinage cylindrique des tubes; l'emploi de bagues ordinaires; la réduction de longueur des grilles pour éloigner le feu de la plaque tubulaire, avec accroissement de la pression de l'air; remplacement des tirants verticaux maintenant le ciel de la chambre de combustion par un système de consolidation n'intéressant pas l'enveloppe de la chaudière. Aucun de ces moyens ne semble avoir donné de résultats définitifs. Ce qui paraît avoir le mieux réussi semble être la suppression de deux rangées verticales de tubes au-dessus du milieu de chaque foyer.

L'auteur ajoute : « En même temps qu'on cherchait à prévenir les fuites des tubes en améliorant la circulation de l'eau, on a fait quelques essais sur des chaudières de torpilleurs type de locomotives : 1° en garnissant la plaque tubulaire d'une matière non conductrice et 2° en mettant aux tubes des bagues en matière réfractaire destinées à protéger leur extrémité du côté du feu et en même temps une partie de la plaque tubulaire. »

Le but de ces essais n'était pas de prouver que ces moyens constituaient un procédé pratique de protection, mais simplement de faire reconnaître si les fuites étaient réellement dues à la température trop élevée acquise par les extrémités des tubes et la plaque tubulaire. Cette démonstration paraît avoir été faite, car, tant que l'enduit de la plaque, dans le premier cas, et les bagues réfractaires, dans le second, ont résisté, on n'a point constaté de fuites, mais ces moyens ne pouvaient avoir évidemment qu'un caractère temporaire.

(A suivre.)

Distribution hydraulique de force à Londres. — De tous les moyens de distribution de force, le système hydraulique est celui qui est jusqu'à présent le plus répandu en Angleterre. A Londres, ce système est appliqué sur une large échelle et il est rare qu'on puisse circuler dans un quartier de cette ville sans rencontrer des ouvriers occupés à poser des tuyaux en fonte de fort diamètre dont l'épaisseur extraordinaire indique au plus profane qu'il ne s'agit pas de conduites d'eau ordinaire ou de gaz.

L'*Engineer* donne sur cette installation très importante des détails intéressants dont nous croyons devoir faire ici un résumé.

La « London-Hydraulic Power Company » qui existe déjà depuis neuf ans a pour objet de fournir de l'eau sous pression distribuée par des conduits placés dans les rues pour actionner des ascenseurs ou des moteurs. Ces moteurs sont généralement du type à trois cylindres, mais dans un ou deux cas on a essayé des roues Pelton qui, avec de l'eau à la pression de 50 *kg* par centimètre carré, ont donné le rendement très élevé de 70 0/0.

Il a été posé jusqu'ici environ 90 *km* de tuyaux entre Kensington et les London Docks sur la rive septentrionale et entre le pont de Westminster et les Surrey Docks sur la rive sud, ce qui embrasse la totalité de la Cité et les quartiers de Westminster, Kensington, Wapping et Southwark.

Les machines centrales sont établies à Falcon Wharf, Blackfriars, à Millbank Street, Westminster et à Wapping. Une quatrième station est en construction dans la partie nord au bassin de City Road. Dans chaque station, outre les machines, il y a des accumulateurs de grande capacité, chargés à 55 *kg* par centimètre carré et produisant par conséquent le même effet que des réservoirs placés à 550 *m* de hauteur. L'eau est prise dans la Tamise ou dans des puits et purifiée par filtration avant d'être refoulée dans la canalisation.

La puissance est disponible jour et nuit et même le dimanche, d'un bout de l'année à l'autre, à raison de 50 *kg* par centimètre carré, pression qui permet d'obtenir des forces importantes avec des machines de très faible volume et avec une petite quantité d'eau.

A Kensington Court, la Compagnie a établi une distribution spéciale pour le service des maisons de ce quartier. Chaque maison a un ascenseur du système Ellington, construit de manière à être employé sans le moindre danger, même par des enfants. Les portes donnant accès à l'ascenseur ne peuvent pas être ouvertes si l'appareil n'est pas arrêté à l'étage désigné et l'ascenseur ne peut pas être mis en mouvement si les portes ne sont pas fermées.

On peut se rendre compte du développement pris par le réseau de la London Hydraulic Company par le tableau ci-dessous indiquant par année le volume d'eau fourni pour une semaine du même mois et le nombre des machines actionnées :

	Volume fourni par semaine.	Nombre de machines.
Juillet 1884.	1 140 m^3	96
- 1885.	4 259	235
— 1886.	7 350	387
- 1887.	7 676	527
1888.	10 768	720
- - 1889.	15 126	917
1890.	19 134	1 133
— 1891.	22 776	1 384
- 1892.	27 171	1 676

Actuellement il y a plus de 1 750 machines et le volume fourni atteint près de 30 000 m^3 par semaine. Des stations, la plus puissante est celle de Wapping qui prend l'eau à un puits creusé spécialement à cet effet. Dans ce puits le niveau est à 12 *m* environ au-dessous du sol et il est creusé jusqu'à l'argile dite « London clay » dans une couche de gravier de 2,50 *m* d'épaisseur. Le débit est de 72,5 m^3 à l'heure, ce qui ne fait que la moitié du volume nécessaire. Le reste est amené dans le puits par un siphon faisant partie d'un tuyau venant des London Docks.

L'eau est pompée du puits dans un réservoir placé au-dessus du bâtiment des chaudières; là, elle se décante et passe dans des filtres, puis dans des réservoirs placés sous terre. Avant d'être prise par les machines pour être refoulée dans la canalisation, cette eau est employée comme eau réfrigérante pour les condenseurs à surface de ces machines. Les réservoirs de cette station ont une capacité totale de 3 620 m^3, ce qui suffit pour une journée de travail. Comme les machines principales de cette station ne marchent pas la nuit, l'élévation de l'eau du puits dans les réservoirs se fait par la mise en marche des pompes du puits par l'eau sous pression de la station de Falcon Wharf. Cette indépendance des pompes des machines principales donne une grande facilité pour le service et une économie de fonctionnement. Il suffit pour la manœuvre du gardien de nuit qui arrête les pompes lorsque les réservoirs sont pleins. Ces pompes sont d'une disposition ingénieuse qu'il ne serait pas facile de faire comprendre sans le secours de figures; il suffira de dire que les plongeurs ont 0,508 m de diamètre et 1,22 m de course et donnent environ 10 coups doubles par minute, la vitesse peut d'ailleurs être variée à volonté.

La pureté de l'eau a une très grande importance. Celle qu'on puise dans le gravier laisse peu à désirer sous ce rapport, mais celle qui vient des docks est loin d'être propre et a besoin de subir un traitement d'épuration. On a vu plus haut que l'eau est filtrée après son passage dans les condenseurs à surface des machines principales. Ces filtres sont formés de cylindres en fonte contenant les matières filtrantes reposant sur un double fond sous lequel est disposé le système de distribution de l'eau. L'eau non filtrée arrive des réservoirs supérieurs par la gravité et est distribuée dans les filtres par des tuyaux courant tout le long de l'installation; l'eau propre passe dans un grand réservoir où puisent les pompes de compression. Le nettoyage des filtres se fait toutes les 24 heures et s'opère sans qu'on ait à toucher à la matière filtrante. A cet effet, on injecte de l'air en même temps qu'un courant d'eau inverse dans les filtres; il se produit dans la masse filtrante une violente agitation, une sorte d'ébullition qui chasse les impuretés sans altérer les qualités des matières filtrante et sans faire perdre aucune partie de celle-ci qui est retenue par des grilles en tôle perforées que traversent les impuretés. Au bout de quelques minutes, le courant renversé qui est d'abord boueux s'éclaircit et devient limpide, ce qui indique l'achèvement du nettoyage.

On emploie de l'eau non filtrée pour ce nettoyage. Les huit filtres peuvent épurer 160 m^3 à l'heure. Leur efficacité est telle que l'eau qui en sort peut être laissée plusieurs jours dans des éprouvettes sans qu'il se produise le plus léger dépôt au fond. Cette opération de filtration et de nettoyage se fait par la seule manœuvre de quelques robinets et n'exige aucune main-d'œuvre proprement dite.

(A suivre.)

Extraction du goudron et de l'ammoniaque des gaz des hauts fourneaux. — Autrefois, on laissait perdre dans l'atmosphère les gaz sortant des hauts fourneaux. Plus tard on a utilisé le ca-

lorique conservé par ces gaz pour produire de la vapeur ou pour chauffer l'air qui sert à souffler les hauts fourneaux. Depuis quelques années, on s'était préoccupé de retirer de ces gaz le goudron et l'ammoniaque qu'ils renferment, tout en utilisant ensuite le calorique que ces gaz peuvent donner par leur combustion.

L'*Iron* mentionne une installation considérable que viennent de faire MM. James Dunlop et Cᵉ à Clyde Tolcross pour compléter leurs usines metallurgiques par ce perfectionnement, déjà appliqué aux forges de Gartsherrie et autres.

Les appareils, établis sur les plans de M. Andrew Gillespie, Ingénieur consultant à Glasgow, sont installés dans le voisinage des hauts fourneaux et occupent un emplacement considérable. Les gaz sont pris dans les quatre hauts fourneaux par une conduite de 2,30 m de diamètre posée au dessus du sol et munie de distance en distance de trappes pour l'enlèvement des cendres et poussières entraînées par les gaz. Ceux-ci arrivent à un premier séparateur muni de cloisons ou chicanes immergées à leur partie inférieure dans de l'eau ou du goudron où les poussières achèvent de se déposer ainsi que les parties lourdes du goudron. De ce premier appareil, les gaz passent par des condenseurs formés de jeux de tuyaux verticaux en fer de 0,300 m de diamètre et 16,50 m de hauteur qui les refroidissent à 20°,6. Ramenés à cette température, ils pénètrent dans des laveurs proprement dits où, divisés en lames minces, ils sont mis en contact avec de l'eau et déposent les goudrons et les liqueurs ammoniacales. A la suite de ce laveur, s'en trouve un second contenant de l'acide sulfurique, où les dernières traces d'ammoniaque sont absorbées.

Débarrassés de goudron et d'ammoniaque, les gaz passent dans des extracteurs qui les refoulent dans une conduite de 1,25 m de diamètre allant aux générateurs et aux appareils à chauffer l'air où ils sont brûlés.

Les produits condensés sont séparés automatiquement par différence de densité et recueillis dans des récipients spéciaux, les goudrons d'un côté et les eaux ammoniacales de l'autre.

Des monte-charges à air comprimé les refoulent de là, les premiers dans des appareils de distillation pour production des huiles et du brai, les autres dans des bacs où elles sont traitées par l'acide sulfurique pour la fabrication du sulfate d'ammoniaque.

Grâce à ces installations, le combustible introduit dans le haut fourneau qui y a laissé une partie de son calorique employé à la transformation du minerai de fer en fonte en fusion, peut encore donner le reste de son pouvoir calorifique pour la production de la vapeur ou le chauffage de l'air sans les désagréments causés par la présence du goudron et en permettant de recueillir les produits accessoires qui représentent une valeur importante.

Cette installation est actuellement en plein fonctionnement ainsi qu'une autre faite également par M. Gillespie pour les forges de Dalwellington, à Waterside, qui comprennent six hauts fourneaux.

Ressources des houillères de l'Europe. — D'après des docu-

ments récemment publiés par le Ministère du Commerce à Berlin, les réserves de charbon que présentent les houillères de l'Allemagne dans les districts de la Ruhr, de la Sarre, d'Aix-la-Chapelle, de la Haute et de la Basse-Silésie et de la Saxe peuvent être estimées à 112 milliards de tonnes. Dans l'état actuel et au taux de consommation d'aujourd'hui, il y a encore du charbon, dans les plus pauvres bassins, pour deux cent cinquante ans et, dans les plus riches de la Westphalie, pour mille ans. Il y a vingt ans, on évaluait à 198 milliards de tonnes la richesse houillère de l'Angleterre. En estimant approximativement à 18 milliards celle de la France, à 17 celle de l'Autriche et à 15 celle de la Belgique, on trouverait que la provision de charbon de l'Europe occidentale et centrale représente 360 milliards de tonnes. La conclusion est que l'Autriche, la Belgique, puis l'Angleterre manqueront de charbon avant l'Allemagne, mais que ce moment est encore assez éloigné. En Allemagne, la consommation de charbon n'est que de 1,66 *t* par tête d'habitant, tandis qu'en Angleterre elle atteint 4,81 *t*.

Le document en question ne donne pas de chiffres comparatifs relatifs à la Russie et à l'Amérique; il se borne à indiquer que ces contrées ne paraissent pas devoir être appelées de longtemps à fournir du charbon aux pays ci-dessus mentionnés.

Une machine légère. — L'*American Shipbuilder* décrit une machine construite par le constructeur américain C.-D. Mosher, auteur de plusieurs bateaux à marche extrêmement rapide, entre autres le *Norwood*. Cette machine est destinée à un bateau de 23,80 *m* de longueur et 2,90 seulement de largeur. Elle est du système à quadruple expansion avec les cylindres, les uns à la suite des autres, reposant sur une plaque de fondation en fonte et fer par des colonnes verticales reliées par des tirants obliques formant croix de Saint-André avec des écrous pour rattraper les jeux et donner de la rigidité à l'ensemble des bâtis. Les cylindres ont respectivement des diamètres de 0,242 — 0,343 — 0,458 et 0,610, la course étant pour tous de 0,254.

Ce qui distingue cette machine, c'est le soin minutieux qu'on a pris pour obtenir une extrême légèreté. On a enlevé des cylindres, et en général de toutes les pièces, toute quantité de matière superflue; non seulement on a donné au mécanisme les plus faibles dimensions compatibles avec la résistance nécessaire, mais on a partout pratiqué des évidements. Les tiges de piston et les bielles sont creuses, l'arbre coudé a été creusé partout où un outil a pu pénétrer. Cet arbre a été taillé, on pourrait dire sculpté, dans un bloc d'acier de 900 *kg*; fini, il n'en pèse plus que 188. La machine n'occupe qu'une surface horizontale de 1,30 m^2. Elle pèse complète 1 630 *kg* et, comme on estime qu'avec de la vapeur à 18 *kg* de pression par centimètre carré et 500 à 600 tours par minute, elle développera au moins 500 *ch*, le poids par cheval ne dépassera pas 3 1/4 *kg*, sans que cette excessive légèreté ait compromis en rien le fonctionnement très économique de l'appareil.

La vapeur doit être fournie par une chaudière multitubulaire d'un système particulier ayant pour but de réunir la résistance, la grande production et le faible volume. Le journal américain ne donne ni le

poids ni les dimensions de ce generateur, de sorte qu'il est impossible de rien conclure relativement au poids du moteur complet par unite de puissance. Il est a desirer que des renseignements ulterieurs nous fixent sur cette interessante question.

Vitesses réalisées sur les chemins de fer. — Nous avons indique, dans la Chronique de decembre 1892, page 1286, qu'on avait realise aux Etats-Unis la vitesse extraordinaire de 156 *km* a l'heure. Ce resultat aurait été depasse depuis. Ainsi, le 9 mai dernier, l'Empire state Express aurait, sur le New-York Central and Hudson River R.R., fait le trajet de 69 milles ou 111 *km*, entre Rochester et Buffalo, en 68 minutes, y compris un arrêt a Batavia, ce qui donne une vitesse superieure a 98 *km* a l'heure; mais, entre Loneysville et Grimesville, un mille aurait ete franchi en 42 secondes, soit une vitesse de 138 *km*, et, entre Grimesville et The Forks, le train aurait mis 35 secondes pour faire un mille, ce qui correspond a 165,5 *km* a l'heure.

Le 20 du meme mois, le meme train a realise, entre Syracuse et Rochester, une vitesse de 110 *km* sur 130 *km* et, entre Syracuse et East Buffalo, une vitesse de 107 *km* sur 146 *km*. Entre Batavia et Buffalo, la vitesse maxima a ete de 100 milles, 160,8 *km* a l'heure.

Les machines qui ont realise ces vitesses sont des locomotives construites par les Schenectady Locomotive Works. Elles sont du type americain ordinaire, c'est-a-dire avec deux essieux à roues accouplees et un bogie a deux essieux à l'avant, mais leurs dimensions sont exceptionnelles, surtout pour le diamètre des roues.

Les cylindres ont 0,483 *m* de diametre et 0,610 *m* de course, les roues 2,180 *m* de diamètre avec les bandages neufs. La chaudiere fonctionnant a une pression de 13 1/2 *kg* a 2,85 m^2 de surface de grille et 268 tubes de 0,080 *m* de diamètre exterieur et 3,70 *m* de longueur. La surface de chauffe totale atteint 179,5 m^2, surface enorme pour une machine de vitesse surtout si on considère qu'elle est obtenue avec des tubes de longueur tres moderee.

La machine pese en service 56 000 *kg* dont 38 000 ou 67 1/2 0/0 utilises pour l'adherence. Le tender pese plein 36 000 *kg*, ce qui fait 92 000 *kg* pour l'ensemble du moteur. On remarquera la charge tres considerable, 19 *t*, sur chacun des essieux moteurs. Il faut des voies exceptionnellement solides pour supporter de pareilles charges a ces vitesses excessives.

Pour 100 milles a l'heure, ce qui represente 44,66 *m* par seconde, les roues motrices font 6,5 tours par seconde ou 390 par minute, donnant une vitesse moyenne de piston de 7,93 *m* par seconde.

Le train dit « Admiralty Special », qui a ramene de Chicago a New-York les officiers americains et etrangers apres la ceremonie de l'ouverture de l'Exposition, a realise des vitesses remarquables si on tient compte de son poids considerable. De Philadelphie a Jersey-City, 158 *km*, il a mis 1 heure 40 minutes, ce qui represente 90 *km* a l'heure. Entre New-Brunswick et Elisabeth, 20 *km*, 11 minutes, vitesse 121,2 *km*. Ce train etait compose de quatre wagons-lits, deux wagons-restaurants, un fumoir, un fourgon a bagages, un wagon-buffet et un « observation-car », le poids de ces huit vehicules est estime par les journaux ame-

ricains à 40 *t* en moyenne, soit 320 *t* pour le train sans la machine et le tender.

Le touage sur l'Elbe. — Une communication de M. O. Schleicher au groupe de Magdebourg de l'Association des Ingénieurs allemands donne d'intéressants détails sur le développement pris par la navigation de l'Elbe et surtout par le touage.

Le premier bateau à vapeur fut construit à Dresde en 1833, il avait des roues à l'arrière ; le premier bateau en fer fut fait en 1855 et le premier bout de chaîne de touage fut posé en 1869. Il y a, à l'heure actuelle, 32 toueurs à chaîne sur l'Elbe et deux autres sont en construction. L'utilité du touage peut être appréciée par ce fait qu'un toueur développant 160 *ch* et brûlant 448 *kg* de charbon à l'heure en remorquant vingt bateaux produit le même effet qu'un remorqueur à roues de 620 *ch* consommant 744 *kg* de combustible par heure. Il y a, en outre, sur l'Elbe 183 remorqueurs et porteurs à vapeur.

COMPTES RENDUS

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Mars 1893

Notice sur le **tramway funiculaire de Belleville**, par M. Maurice **Wibaux**, ingénieur des Ponts et Chaussées.

La demande en concession du tramway funiculaire de Belleville a été faite en novembre 1885, par notre collègue M. Victor Fournier. Cette affaire a passé par des péripéties sans nombre, dont une partie est due à ce que la Ville de Paris voulait exploiter elle-même le tramway, ce que n'admettait pas le Gouvernement. Enfin, une convention a été passée en août 1890 entre la Ville et M. Fournier, convention stipulant, au profit de la première, une redevance à forfait de 50 000 *f* par an et autorisant le concessionnaire à percevoir les taxes prévues au cahier des charges. En même temps, les travaux s'exécutaient au compte de la Ville; ils ont été commencés sur la voie publique en mars 1890 et achevés en novembre de la même année, mais des réfections ayant dû avoir lieu on n'a pu commencer les essais de traction qu'en mars 1891. Ce n'est qu'à la fin d'août de la même année que la Compagnie constituée par le concessionnaire a entrepris définitivement l'exploitation du tramway qui s'est dès lors poursuivie sans interruption.

Le tramway est établi entre la place de la République et la place de l'Église de Belleville, sur la rue du Faubourg du Temple et la rue de Belleville; le parcours de 2 020 *m* se compose de six sections à voie unique comprises entre sept garages à double voie; le rayon minimum des courbes descend à 21 *m*. La différence de niveau entre les extrémités est de 61,02 *m*, la pente moyenne de 30 0 00 et la pente maxima de 75.

La voie, du système Broca, est à l'écartement de 1 *m*; elle se compose de deux rails, pesant 30 *kg* le mètre, servant au roulement, et de deux rails de 20,5 *kg*, à section en Z, laissant entre eux une rainure de 20 *mm* de largeur. Ces quatre rails reposent sur des fermes ou « jougs » espacés de mètre en mètre et constitués par des cornières et fers plats qui sont noyés dans une fosse en maçonnerie dans laquelle se trouve le câble qui sert à la traction des voitures.

Ce câble est guidé ou supporté dans les différentes parties de son parcours par des poulies de types très divers; de plus, à chaque extrémité de la trace, on trouve une grande poulie horizontale de 2,50 *m* de diamètre, sur laquelle le câble embrasse sur une demi-conférence. Ces poulies sont, comme nous venons de le dire, de types très divers, parce que ce n'est qu'après beaucoup de tâtonnements et par l'expérience seule qu'on est arrivé à donner aux poulies de chaque courbe la forme et l'emplacement exact

qu'elles devaient occuper pour que chacun des deux brins du câble retombât toujours, après le passage d'une voiture, sur les poulies qui lui appartiennent.

Le câble est sans fin et s'enroule, dans l'usine motrice, sur des poulies spéciales. Ce câble est à âme en chanvre entourée de 6 torons formés de deux couches : l'une de 14, l'autre de 12 fils ; le diamètre de chaque toron est de 10 *mm* ; celui du câble, à l'état neuf, de 29 ; le poids est de 3 *kg* par mètre courant. Aux essais, les fils ont résisté ; les fins à 184 *kg*. les gros à 140 par millimètre carré, avec un allongement de 2 à 2,75 0/0. Le câble a résisté à 45 tonnes.

Ce câble a supporté tous les essais de manœuvre et a fonctionné à blanc pendant tout l'hiver 1890-91. Au commencement de l'exploitation définitive, il était déjà en très mauvais état et usait les poulies à tel point qu'en une seule journée 40 de ces poulies ont été littéralement sciées et mises hors de service. Aussi a-t-on dû le remplacer. On a constaté, après son enlèvement, qu'il avait subi un allongement permanent de près de 41 *m*, soit 1 0/0 de sa longueur totale qui était, au début, de 4 160 *m* environ.

Le second câble, fabriqué à Courbevoie, est aussi formé d'une âme en chanvre entourée de 6 torons de 7 fils de 3 *mm* entourant 5 fils de 1 1/2 enveloppant eux-mêmes 1 fil de 1 *mm*. Les fils sont enroulés pour constituer les torons dans le même sens que les torons le sont pour constituer le câble ; ce système, connu en Angleterre sous le nom de *Lang's rope* et appliqué dès 1879, assure, dit-on, au câble plus de résistance, de flexibilité et de durée que le système d'enroulement ordinaire.

Ce nouveau câble, mis en service le 21 août 1891, a duré jusqu'au 4 décembre suivant, soit trois mois et demi environ. L'usure des fils avait réduit le diamètre de 3 *mm*, mais aucun des fils n'était cassé et l'allongement total n'était que de 14,30 *m*, soit 0,35 0/0 de la longueur.

Le troisième câble, du même type, mais fait en Angleterre, a duré trois mois et demi également ; il a éprouvé de nombreuses ruptures de fils et a subi un accident par coupure par un grip ; son allongement total était de 24 *m*, soit 0,6 0/0.

Le quatrième câble, du même système, était en service depuis trois mois au moment où la note de M. Widmer était écrite et n'avait encore aucun fil cassé. Cette note contient de nombreux et intéressants détails sur la mise en place des câbles, les épissures nécessaires pour les fermer, opération spéciale qui exige une grande habileté et pour laquelle il a fallu faire venir un ouvrier d'Angleterre.

La puissance motrice est fournie par deux machines à vapeur Corliss, construites par MM. Lecouteux et Garnier. Ces machines, à cylindres de 360 de diamètre et 930 de course, faisant 60 tours par minute, donnent au câble une vitesse de 3 *m* par seconde. Elles ont consommé aux essais, pour un travail moyen de 64,80 *ch*, 7,37 *kg* d'eau d'alimentation par heure et par cheval indiqué ; la consommation de combustible a été seulement de 0,96 *kg* pour les mêmes unités.

La vapeur est fournie à 7 *kg* de pression par deux générateurs Roser, dont chacun a 50 m^2 de surface de chauffe, et par une chaudière de

réserve également multitubulaire, mais du système Pressard, de 105 m² de surface de chauffe.

L'usine motrice, au lieu d'être placée au terminus supérieur, a dû, par des nécessités locales, être établie à 260 m au-dessous de ce point, ce qui a nécessité l'interruption du brin descendant du câble qui doit pénétrer dans l'usine et en ressortir pour continuer sa route vers la place de la République, disposition qui est pour l'exploitation une gêne assez sérieuse.

Il y a un tendeur destiné à donner au brin qui sort de la poulie motrice la tension nécessaire pour assurer l'adhérence du câble sur cette poulie et pour rattraper les allongements élastiques ou permanents dus aux efforts variables qu'il subit.

Un premier système de tendeur assez compliqué et qui présentait, en outre, divers inconvénients pour le service, a été remplacé par un système plus simple, formé d'une poulie portée sur un chariot tiré par une chaîne portant un contre-poids.

Le matériel roulant se compose de voitures à double plate-forme, sans impériale, de 5 m de longueur et 1,60 m de largeur, contenant douze personnes à l'intérieur et huit sur les plates-formes. Au centre du châssis se trouve le grip formé d'une lame verticale d'acier qui descend dans la rainure de la voie ferrée et se termine à la partie inférieure par une paire de mâchoires en fonte, manœuvrées par un mécanisme relié à un volant placé à la portée du mécanicien. Chaque voiture est munie de deux systèmes de freins : l'un est un frein funiculaire qui agit sur les roues; l'autre est un frein à patins portant sur les rails. Avec l'un ou l'autre de ces freins, un mécanicien habile peut, sur la plus forte pente de la rue de Belleville, ouvrir le grip et serrer les freins de manière que la voiture ne parcoure pas plus de 7 m entre le commencement de la manœuvre et l'arrêt complet de la voiture.

Le service se fait avec six ou avec dix voitures, selon les heures de la journée. Une grande sujétion est causée par la présence des garages, où il faut que les voitures montante et descendante se croisent.

Le 14 mai 1892, on a pu réaliser un maximum de 578 voyages et offrir au public 11 560 places.

Le tarif de 0,10 *f* par personne est réduit à 0,05 *f* pour les heures correspondant à l'entrée et à la sortie des ateliers. Avec ce tarif, on a pu réaliser, dans la période d'août 1891 à mai 1892, des recettes mensuelles maxima de 28 000 *f*, soit, en moyenne, plus de 900 *f* par jour, ce qui correspondrait à 328 000 *f* par an. Les voitures sont bien utilisées, car le chiffre des voyageurs représente, pour la même période, de 83,5 à 86,5 0/0 des places offertes. Mais, par contre, il faut dire que, jusqu'à présent, les dépenses ont été supérieures aux recettes, on a mis à l'étude divers procédés pour essayer de changer le signe de la différence.

Les dépenses de première installation du tramway de Belleville se sont élevées à la somme totale de 1 200 000 *f* en chiffres ronds, dont 300 000 *f* environ pour la voie, 300 000 *f* pour l'usine motrice et 90 000 *f* pour le matériel roulant; le reste est composé de dépenses diverses ou imprévues et 150 000 *f* pour fourniture de pavés.

Une seconde partie comprend les calculs théoriques que l'auteur a

etablis lorsqu'il a été en possession des résultats d'un grand nombre d'expériences et qui peuvent rendre de grands services pour la construction d'un ouvrage analogue.

ANNALES DES MINES

4e livraison de 1893.

Rapport sur les travaux du **quatrième Congrès international des Chemins de fer** (1892), par M. Worms de Romilly, Ingénieur en chef des Mines *(suite et fin)*.

Statistique de l'Industrie minérale de la France. — Tableaux comparatifs de la production des combustibles minéraux, des fontes, fers et aciers en 1891 et 1892.

La production totale des combustibles minéraux s'est élevée, en 1892, à 26 548 860 *t*, en augmentation de 523 967 sur l'année 1891. Sur ce total, il y a 26 064 073 *t* de houille et anthracite et 484 787 *t* de lignite. Pour ces derniers, le bassin de Fuveau a produit 404 589 *t*, c'est-à-dire presque les neuf dixièmes, et, pour la houille et l'anthracite, le Nord et le Pas-de-Calais ont fourni 14 1/2 millions de tonnes, en nombres ronds, soit à peu près un million de tonnes de plus que l'année précédente; après vient la Loire, avec 3 507 000 *t*, en diminution d'à peu près un million sur 1891.

La production des fontes s'est élevée, en 1892, à 2 022 990 *t*, en augmentation de 125 600 *t* sur 1891. Sur le total, il y a 1 997 841 *t* de fonte au coke, 12 293 de fonte au bois et 12 855 de fonte mixte.

A un autre point de vue, le total se partage en 1 612 936 *t* de fonte d'affinage et 410 053 *t* de fonte de moulage et moulée en première fusion. Meurthe-et-Moselle a produit 1 198 467 *t*, soit plus de la moitié du total; après vient le Nord avec 208 000 *t*, Saône-et-Loire avec 92 338 et le Pas-de-Calais quatrième avec 77 000; le cinquième rang appartient au département des Landes, qui produit 67 700 *t*.

La production totale des fers a été, en 1892, de 828 168 *t*, en diminution de 5 241 *t* sur 1891. Le total se divise en 688 144 *t* de fer puddlé, 12 561 de fer affiné au charbon de bois, et 127 463 *t* de fer obtenu par réchauffage de vieux fers et riblons; cette catégorie est en légère diminution, 5 000 *kg* environ, sur l'année précédente. Le département de la Seine figure, pour ces fers, pour 29 725 contre 31 781 pour 1891 et 32 425 en 1890; la décroissance parait donc continuer.

La production des rails en fer a été de 418 *t* seulement; elle avait été de 514 en 1891.

La production totale d'aciers Bessemer et Siemens Martin en lingots a été, pour 1892, de 814 977 *t*, en diminution de 25 244 *t* sur 1891. La production des aciers ouvrés a été de 655 086 *t*, en augmentation de

16 556 *t* sur l'année précédente. Les rails figurent dans ce chiffre pour 231 181 *t*, en augmentation de 19 051 *t* sur 1891 et les tôles pour 116 504, en diminution de 6 198 *t* sur l'année précédente. Les fabrications des aciers puddlé, cémenté et fondu au creuset, présentent une légère diminution sur 1891, tandis qu'il y a au contraire une augmentation, légère également, pour la fabrication de l'acier obtenu par réchauffage de vieil acier.

Essais effectués dans les mines avec l'**Indicateur de grisou de G. Chesneau.** — Rapport présenté à la Commission du grisou, par M. G. Chesneau, Ingénieur des Mines, secrétaire de la Commission.

La lampe Chesneau, basée sur le principe de l'observation des auréoles produites autour de la flamme dans une atmosphère grisouteuse, a été décrite dans un numéro précédent des *Annales des Mines*. (Voir comptes rendus de novembre 1892, page 1030.)

Un certain nombre d'exemplaires ont été construits et mis en service dans diverses mines. Les résultats ont été assez satisfaisants pour que plusieurs des Compagnies houillères qui ont exécuté les essais n'aient pas voulu attendre l'avis de l'administration pour munir leurs puits grisouteux de cet appareil. La note donne le résumé des résultats de ces essais et observations jusqu'au 31 janvier 1893. Elle est suivie d'une instruction détaillée pour l'emploi de l'indicateur de grisou, dressée par l'auteur.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

District du Sud-Est.

Réunions des 4 et 5 mars 1893.

Dans ces réunions, on a visité le puits Descours des mines de Rochebelle, où on a remarqué une machine d'extraction à soupapes Sulzer-Martin, construite par Quillacq, et une pompe souterraine à vapeur. Celle-ci a deux cylindres conjugués actionnant directement deux pompes qui élèvent 100 m^3 à l'heure à 237 *m* de hauteur. La vitesse atteint 55 tours, ce qui correspond à 1,45 *m* par seconde, grâce à l'emploi de deux réservoirs d'air alimentés par de petits compresseurs mus par la machine. Cette pompe a été installée par les ateliers Pinette, de Chalon-sur-Saône. On a également remarqué l'installation des lavoirs du système Humboldt, qui peuvent laver 400 *t* de charbon brut par jour, et l'atelier d'agglomération comprenant 4 machines, dont 3 du système Bietrix et une du système Couffinhal, dont l'ensemble peut produire par jour 380 *t* d'agglomérés de divers calibres.

Communication de M. Mercier sur les **Dégagements d'acide carbonique** aux mines de Rochebelle.

Ces dégagements sont généralement précédés de quelques indications, telles que : détonations souterraines, changement dans l'atmosphère du chantier, qui devient plus lourde et dans l'état physique de la houille. Il y a un certain nombre de précautions à prendre dans la traversée des parties où on a lieu de redouter ces dégagements. Parmi elles, on peut considérer comme essentielles l'interdiction absolue du pic comme moyen d'abattage, l'avancement devant se faire exclusivement à coups de mine, et la retraite des ouvriers au jour ou derrière une ou plusieurs portes solides et étanches au moment du tirage des coups de mine. On doit également entretenir un aérage extrêmement actif, susceptible d'être augmenté au moment du danger ; la recherche d'un moyen d'éclairage pratique, susceptible de résister dans une atmosphère irrespirable, est une question de la plus haute importance.

Communication de M. Ichon sur les **Fermetures automatiques des puits.**

Cette communication comprend la description d'un certain nombre de systèmes de fermetures dont celle des mines de Rochebelle établie sur les indications de l'auteur et figurée sur un croquis annexé.

Dans cette réunion a également eu lieu la visite des mines et installations des forges et usines de Bessèges.

On peut signaler la pompe inférieure du puits d'Étampes, construite par Dubois, d'Anzin. Cette pompe à deux cylindres de $0,60 \times 0,50$ actionne directement des pompes à eau de 0,14 de diamètre et même course et, à 25 à 28 coups doubles par minute, élève 120 m^3 à l'heure à 200 m.

La conduite de vapeur est simplement enveloppée de paille. Avec cette enveloppe, la condensation est de 2,20 l par minute ; avec le tuyau nu, elle était de 5,50.

On a remarqué aussi la soufflerie des hauts fourneaux à deux cylindres à vapeur horizontaux de 0,850 de diamètre, les cylindres soufflants ayant 1,700, la course commune 1,600. La vitesse varie de 16 à 40 tours.

Les clapets sont des disques en acier pressés par des ressorts en spirale ; les pistons à vent ont des garnitures en fonte avec antifriction.

Il y a une intéressante fabrication de tire-fonds en acier doux dans laquelle le filetage se fait à chaud par l'emploi de trois cylindres lamineurs portant les spires correspondantes ou filets ; ces machines au nombre de deux, fournies par M. Faugier, constructeur à Lyon, produisent de 8 à 10 000 tire-fond par dix heures.

Les usines de Bessèges produisent aussi le matériel de chemins de fer, rails, éclisses, traverses, selles, plaques tournantes, ainsi que des poutrelles en acier de 80 à 260 mm à larges et petites ailes.

RÉUNIONS DE SAINT-ETIENNE

Seance du 8 avril 1893.

Course géologique de l'École des Mines de Saint-Étienne en 1893.

Cette course geologique doit avoir lieu du 2 au 11 juillet prochain dans les departements de l'Ain et de la Haute-Savoie et dans les cantons de Vaud et du Valais. Son objet est la visite rapide des chaines subalpines (Jura et Alpes Vaudoises) et l'exploration un peu plus detaillee d'une partie de la chaine centrale. La communication comprend un programme detaille de l'excursion pour laquelle la depense prevue est de 600 *f*.

SOCIETÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 18. — 6 mai 1893.

Expériences sur la résistance des parois des lames d'eau dans les chaudieres multitubulaires, par C. Bach.

Notes d'un voyage d'etudes en Amérique, par A. Riedler *suite*.

Critique du systeme des mesures absolues, par A. Brauer.

Groupe de Francfort. — Calcul du prix de revient dans la fabrication des machines.

Bibliographie. — Les chemins de fer de l'Amerique du Nord au point de vue technique, par Th. Bute et A. von Borries. — Principes de la technologie mecanique, par E. von Hoyer.

Variétés. — Chauffage avec des combustibles pulverises. — Technicum de Newstadt i. M. — Association des techniciens allemands. — Exposition d'electromoteurs.

N° 19. — 13 mai 1893.

Notes d'un voyage d'etudes en Amerique, par A. Riedler *suite*.

Experiences sur la resistance des parois des lames d'eau dans les chaudieres multitubulaires, par C. Bach *fin*.

Production du cuivre dans le monde et ses diverses sources, par C.-A. Hering.

Installations d'eclairage electrique a la gare de Prerau du Kaiser Ferdinand Nord Bahn, par C. Budil.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Installations electriques d'Aix-la-Chapelle.

Bibliographie. — Simplification dans le calcul statique des ponts elastiques, par L. Freytag.

Variétés. — Les chemins de fer allemands dans l'exercice 1891-92. — Association allemande d'hygiène publique.

Correspondance. — Efforts dans les bielles et têtes de pistons des machines à vapeur.

N° 20. — 20 mai 1893.

Esquisses d'un voyage technique, par W. Hartman.

Les locomotives à l'Exposition de Chicago, par Ad. Brunner.

Production du cuivre dans le monde et ses sources, par C.-A. Hering *(fin)*.

Conduite des moteurs à gaz et réglage de l'allumage, par M. Niemann.

Nouveautés dans les machines-outils, par H. Fischer.

Superstructure des chemins de fer.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Estimation de la proportion d'eau contenue dans la vapeur.

Groupe de Magdebourg. — Touage à vapeur sur l'Elbe.

Bibliographie. — Règlements sur l'établissement et le service des chaudières à vapeur en Prusse.

Variétés. — Exposition de Chicago. — Contrôle et surveillance des appareils à vapeur. — Installation centrale d'électricité à Chemnitz.

Correspondance. — Eau entraînée par la vapeur.

N° 21. — 27 mai 1893.

Élévation d'eau de la ville de Belgrade, par O. Smreker.

Installations électriques d'éclairage et de distribution de force à Boston, par A. Riedler.

Esquisses d'un voyage technique, par W. Hartmann *(fin)*.

Progrès dans la fabrication des ciments, par C. Narke.

Compteur de nombre de tours et indicateur de vitesse, par O. Braun.

Conduite de vapeur à distance, par F. Burgen.

Emploi de l'acier coulé dans la construction des locomotives et des wagons, par A. von Borries.

Groupe de Bavière. — Détermination de la puissance calorifique des combustibles. — Moteur thermique de Diesel. — Règlements sur les installations électriques.

Groupe de Siegen. — Extraction de l'aluminium.

Variétés. — Exposition de Chicago.

Correspondance. — Réglage des chauffages à vapeur à basse pression.

Pour la Chronique et les Comptes rendus,
A. MALLET.

Le secrétaire général, gérant responsable,
A. DE DAX.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 13054-6-93. — (Encre Lorilleux).

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

JUIN 1893

N° 6

Sommaire des séances du mois de juin 1893 :

1° *Participation aux bénéfices.* Observations de MM. Marguerite-Delacharlonny et Emile Bert. (Séance du 2 juin), page 682.

2° *Lettre* de M. Villain. (Séance du 2 juin), page 683.

3° *Décès* de MM. J. Verrine et V. Contamin. (Séances des 2 et 23 juin), pages 683 et 707.

4° *Décorations et nominations.* (Séance du 2 juin), page 683.

5° *Impression du Catalogue.* (Séance du 2 juin), page 683.

6° *Abandon de Bons de l'emprunt de 1889* (Séance du 2 juin), page 683.

7° *Congrès de Vienne, Unification des méthodes d'essai.* Lettre de M. Belelubsky. (Séance du 2 juin), page 684.

8° *Congrès international des travaux maritimes à Londres.* (Séance du 2 juin), page 684.

9° *Barrète des métaux et sa méthode de mesure fondée sur l'emploi du microscope*, par M. P.-J. Jannettaz. (Séance du 2 juin), page 685.

10° *Canal de la Baltique à la mer du Nord*, par M. J. Fleury. (Séance du 2 juin), page 687.

11° *Situation financière de la Société. Compte rendu de la* , par M. le Trésorier. (Séance du 16 juin), page 690.

12° *Prix annuel*, décerné à M. Georges Leloutre.
Prix Alphonse Couvreux, à M. Edouard Lippmann.
Prix Giffard 1890, prorogé en 1893, à M. Maurice Demoulin.
Prix Giffard de 1893, à MM. Louis Carette et Etienne Herscher.
(Séance du 16 juin), page 696.

13° *Nomination de la Commission chargée de déterminer le sujet à proposer pour le prix Giffard de 1896.* (Séance de 16 juin), page 697.

14° *Cinquantième année de service de M. Ch. Thouin à la Compagnie du Nord.* Paroles prononcées par M. P. Jousselin, président de la Société. (Séance du 16 juin), page 697.

15° *Exposition universelle d'Anvers en 1894.* Lettre de M. H. Béliard. (Séance du 16 juin), page 698.

16° *Lettre* de M. A. Mallet au sujet du *Traité de la machine à vapeur* par M. Thurston. (Séance du 16 juin), page 699.

17° *Le Tout à l'égout* (Suite de la discussion sur), par MM. Émile Trélat, E. Badois, P. Guéroult, Ch. Herscher, S. Périssé, Duvillard, E. Chardon, J. Fleury, et lettre de M. L. Vauthier. (Séances des 16 et 23 juin), pages 701 et 707.

Mémoires contenus dans le *Bulletin* de juin 1893 :

18° *Le Canal de la Baltique à la mer du Nord*, par M. J. Fleury, page 717.

19° *Transport de 10 960 et 34 000 chevaux de force en Italie*, par M. D. Federman, page 730.

20° *Discours prononcés aux obsèques de M. V. Contamin, ancien président de la Société*, par MM. Vainet, Ch. de Comberousse, P. Jousselin et A. Berthon, page 739.

21° *Chronique n° 162*, par M. A. Mallet, page 746.

22° *Compte rendu* id. page 763.

23° *Planche n° 91.*

Pendant le mois de juin 1893, la Société a reçu :

33448 — De l'Association des propriétaires d'appareils à vapeur du Nord de la France. *IX^e Bulletin, années 1881 à 1892.* Lille, L. Danel, 1893.

33449 — De M. J. Henrivaux (M. de la S.). *Fabrication du cidre par pression et par diffusion. Discussion entre ces deux manières d'opérer* (petit in-4° de 7 p.). Amiens, Imp. du *Progrès agricole*, 1893.

33450 — De M. A. Mallet (M. de la S.). *Nouveau Manuel complet de la construction des chemins de fer*, par E. With (atlas de 16 pl. in-12 ital.). Roret. (Cet atlas complète l'ouvrage dont la Société ne possède que le texte.)

33451 — De M. N.-J. Raffard (M. de la S.). ***Martin's natural Philosophy***, par H.-W. Martin (in-12 de 286 p.), London.

33452 — De M. D.-J. Arájol. ***Nuevo tipo de armadura de cubierta con iluminación septentrional*** (gr. in-8° de 19 p. et 1 pl.). Barcelona, 1892.

33453 — V° Congrès international de navigation intérieure, Paris, 1892. ***18 vues photographiques des installations du Congrès*** (gr. in-folio).

33454 et 33455 — De MM. Gauthier-Villars, éditeurs. ***Introduction à l'électricité industrielle***, par P. Minel (2 vol. petit in-8° de 223 p. et de 176 p.). Paris, Gauthier-Villars, 1893.

33456 — De M. Ed. Sauvage. ***Le système anglais des signaux de chemins de fer*** (in-8° de 96 p. et 5 pl.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1893.

33457 — De M. L. Somzée (M. de la S.). ***Les dégagements de grisou*** (gr. in-8° de 62 p.). Bruxelles, J. Goffin, 1892.

33458 — De M. N.-A. Bélelubsky (M. de la S.). ***Bericht uber die Thatigkeit Mechanischen Laboratoriums am Institute der Wegbau-Ingenieure Kaiser Alexander I in Saint-Petersbourg*** (petit in-4° de 11 p.). Riga, 1893.

33459 — De M. J.-E. Alix. ***Moyens de multiplier et d'accélérer les irrigations agricoles*** (in-8° de 8 p.). Toulouse, Lagarde et Sebille, 1893.

33460 — De M. A. Gilson (M. de la S.). ***La grève de Carmaux. De l'arbitrage légal et des conditions de l'harmonie dans l'industrie*** (in-8° de 87 p.). Paris, Guillaumin et C°, 1893.

33461 — De M. A. Hutteau (M. de la S.). ***Malacologie des conduites d'eau de la ville de Paris***, par Arnould Locard (gr. in-8° de 80 p.). Paris, J.-B. Baillière, 1893.

33462 — Du Dépôt des phares. ***Exposition universelle à Chicago en 1893. Notice sur les appareils d'éclairage, modèles et dessins exposés dans le Palais de l'Électricité par le Service des phares***, par le Ministère des travaux publics (in-8° de 157 p.). Paris, Lahure, 1893.

33463 — De M. Ed. Simon (M. de la S.). ***Annuaire de l'Association des Inventeurs et des Artistes industriels***, 15° année, 1893 (in-8° de 54 p.). Paris, Vve Edouard Vert, 1893.

33464 — De M. Ch. Baudry (M. de la S.). ***Locomotive compound à quatre cylindres et à grande vitesse des chemins de fer de Paris Lyon-Méditerranée*** (in-4° de 20 p. et 2 pl.). Paris, Veuve Ch. Dunod, 1893.

33465 — De M. Decauville aîné (M. de la S.). ***Les grands usines de Turgan. Société anonyme des établissements Decauville aîné à Petit-Bourg (Seine-et-Oise)***, par E. Flavien (grand in-8° de 104 p.). Paris, L. Berger et C°, 1893.

33466 — Du Ministère de l'Agriculture, de l'Industrie et des Travaux

publics de Belgique. *Guide du batelier, Annexe II, Modifications et compléments* (in-12 de 183 p.). Bruxelles, 1893.

33467 — De M. Frey (M. de la S.). *Album des machines-outils créées et perfectionnées depuis l'Exposition de 1889 pour le travail économique des métaux* (petit in-4° italien de 54 pl.). Paris, L. Courtier, 1893.

33468 — De M. H. de Baère (M. de la S.). *Nova Memoria sobre o estudo d'um projecto de rêde geral de caminhos de ferro vicinaes em Portugal* (petit in-4 de 12 p. et 1 pl.). Porto, 1893.

33469 — De M. W.-H. Delano (M. de la S.). *Twenty years practical experience of natural asphalt and mineral bitumen* (petit in-8° de 73 p.). London, 1893.

33470 et 33471 — De M. D. Federman (M. de la S.). *Relazione particola reggiata sul progetto di canale per forza motrice (cavalli dinamici 10960) alle rapide del fiume adda presso Padermo*, per Enrico Carli (in-4° de 72 p. avec atlas de 6 pl.). Milano, 1893.

33472 — De M. V.-E. de Timonoff (M. de la S.). *Compte rendu des Travaux du V^e^ Congrès international de navigation intérieure. Les canaux de la mer du Nord à la mer Baltique en Suède et en Allemagne* (grand in-8° de 117 p. avec 70 fig. et 2 pl.). Saint-Pétersbourg, 1893.

33473 — Du même. *Barrages de M. Louiche-Desfontaines. Application du système aux deversoirs et passes profondes* (grand in-8° de 47 p. avec 2 pl.). Saint-Pétersbourg, 1893.

33474 — De M. H. Chapman (M. de la S.). *Report of the trials of pumping engines erected at the new swage pumping station Leicester* (in-8° de 11 p.).

33475 — Du même. *Thermal storage. Reports and press notices* (petit in-8° de 46 p.). London, 1893.

33476 — De M. D. Federman (M. de la S.). *Progetto per sviluppare 34 000 cavalli di forza idraulica presso Tornavento in provincia di Milano*, Relazione per Enrico Carli (in-4° de 58 p.). Roma, 1893.

33477 — De M. H.-D. Woods (M. de la S.). *Boston metropolitan park report Massachusetts 1893* (in-8° de 147 p.).

33478 et 33479 — De M. Delessart (M. de la S.). *La filature du coton par les machines modernes* (grand in-8° de 392 p. et atlas in-folio de 66 pl.). Paris, E. Bernard et C^ie^, 1893.

Les membres nouvellement admis pendant le mois de juin 1893 sont :

Comme membres sociétaires, MM. :

L. Barré,	présenté par MM.	Jousselin, E. Mathieu, Reynaud.
F. Brauer,	—	Pirani, Tachard, d'Yochet.
J.-L. Commeaux,	—	Jousselin, Casevitz, de Dax.
A.-A. Detanger,	—	Jousselin, Bonnassies, de Montgolfier.
E. d'Esmenard,	—	Jousselin, Herscher, L. Carette.
A. Guitton,	—	Brancher, de Nansouty, A. Roy.
B. Hetman,	—	Becard, Bertrand de Fontviolant, Lantrac.
J. Keller,	—	Bidermann, A. Saglio, F. Saglio.
Ch.-E. de Lagarde,		Brancher, de Nansouty, Canet.
E.-L. Monat,	—	Bert, Gassaud, Krieg.
E. Podrougski,		Bélelubski, Gronski, Herzenstein.
A.-V. Roy,	—	Jousselin, S. Périsse, L. Perisse.
L. Savatier,	—	Canet, de Nansouty, Brancher.
L. Seguin,	—	Jouffret, Hanquet, Seguin.
V. Sepulchre,	—	Jousselin, Morandière, Sepulchre.

Comme membres associés, MM. :

A. Cornaille,	présenté par MM.	Jousselin, Cornaille, L. Rey.
A. Prové,	—	Jousselin, Salomé, de Dax.
R. Fernandez,	—	Bodin, Jannettaz, E. Pereire.
E. Simonetos,	—	Boulet, Casalonga, Egrot.

RESUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JUIN 1893

Séance du 9 juin 1893.

PRÉSIDENCE DE M. CH. HERSCHER, VICE-PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Avant l'adoption du procès-verbal de la précédente séance, M. MARGUERITE-DELACHARLONNY désire ajouter quelques mots à ce qui a été dit au sujet de la participation aux bénéfices. On n'a pas parlé du cas de perte ; ne serait-il pas juste, en pareil cas, d'établir également la participation ? En outre, il n'est pas équitable de faire profiter les ouvriers des bénéfices que peuvent rapporter une découverte ou un procédé nouveau dus au seul mérite de l'Ingénieur ou du chef de maison. Enfin, les théories qui ont été exposées feront supposer que l'industrie rapporte toujours et sûrement des bénéfices, et il en est malheureusement trop souvent autrement, au moins dans certaines années ; en pareille circonstance qu'arrivera-t-il ? Les ouvriers rapporteront-ils la participation aux bénéfices touchée les années précédentes ?

M. LE PRÉSIDENT fait remarquer que ce sont là des observations nouvelles sur la question de la participation et qu'il peut y en avoir encore beaucoup à présenter ; aussi propose-t-il d'inscrire à l'ordre du jour des séances, la discussion de la communication de M. Charles Robert sur la participation aux bénéfices. Cette proposition est adoptée.

M. ÉMILE BERT dit qu'il s'associe aux observations présentées par M. Marguerite-Delacharlonny.

Il avait été chargé par M. Féolde, empêché d'assister à la séance d'aujourd'hui, de présenter une note sur ce sujet, mais puisque la question des Sociétés de participation doit être discutée ultérieurement, il laissera à son auteur le soin d'en donner lecture lui-même quand la discussion sera ouverte.

Sous réserve de ces observations, le procès-verbal est adopté.

M. le Président donne ensuite lecture d'une lettre de M. P. Villain :

« Monsieur le Président,

» Permettez-moi une tardive rectification à la communication que j'ai » eu l'honneur de soumettre le 17 mars dernier à la Société.

» C'est par erreur que les travaux de transformation de la gare des » courses de Chantilly ont été indiqués comme étant en voie d'exécution » et à la veille d'être inaugurés. La vérité est que la très intéressante » transformation dont il s'agit n'est encore qu'à l'état de projet et que » les plans en sont seulement soumis à l'approbation du Ministre des » Travaux publics. Mais l'approbation ne fait évidemment aucun doute; » et le principe du dispositif nouveau que j'ai décrit subsiste.

» Veuillez agréer, etc.

» 17 mai 1893. Votre dévoué, P. Villain. »

M. le Président a le regret d'annoncer la mort d'un ancien et fidèle collègue, M. Justin Verrine.

M. Justin Verrine, ancien élève de l'École centrale, membre de la Société depuis 1861, a débuté dans la carrière d'Ingénieur comme secrétaire de M. E. Flachat, puis a été chargé de la distribution d'eau de Seine de Choisy-le-Roi, fut ensuite nommé au concours directeur des travaux de la ville de Dijon; en dernier lieu, M. Verrine était Ingénieur du service municipal de la ville de Caen; son œuvre principale dans cette ville fut l'adduction des sources de Moulines; il s'occupait spécialement des questions d'hygiène urbaine et a publié divers ouvrages sur ce sujet.

La Société ne peut que déplorer la perte d'un membre aussi distingué; elle a reçu de sa famille différentes notes qui seront déposées aux archives.

M. le Président a le plaisir de faire part des distinctions dont plusieurs de nos collègues ont été l'objet :

1° M. Léon Beau a été nommé chevalier de l'ordre d'Isabelle-la-Catholique.

2° Ont été nommés Membres du Jury international des récompenses de l'Exposition de Chicago :

Section A : M. C. Burgart ; — *Section F :* M. Edoux ; — *Section H :* M. Asselin.

3° M. Michelin a obtenu de la Société centrale des Architectes français la grande médaille d'argent (fondation Paul Seguin) pour ses travaux de serrurerie d'art.

On ne peut que féliciter M. Michelin dont le zèle et les efforts sont bien connus.

M. le Président dépose la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance. On la trouvera insérée au *Bulletin*.

M. le Président annonce en même temps que le Catalogue de la Bibliothèque, étant sur le point d'être livré à l'impression, il en sera envoyé un spécimen avec le procès-verbal.

M. le Président annonce que M. Jacques Rouvière, de Mazamet, aban-

donne à la Société cinq Bons qu'il avait souscrits à l'emprunt de 1889; au nom de la Société, il remercie ce généreux collègue.

Il est donné ensuite lecture d'une lettre de M. Bélélubsky, qui avait été prié de vouloir bien donner à la Société le compte rendu du Congrès qui s'est tenu à Vienne pour l'unification des méthodes d'essai :

« Monsieur le Président,

» En remerciant la Société de la mission dont elle a bien voulu me » charger, j'ai l'honneur de vous faire connaître que la Conférence de » Vienne, pour l'unification des méthodes d'essai, a bien réussi. Le » nombre des Membres présents a atteint 125. Il y avait les repré- » sentants des pays suivants : Allemagne du Nord et du Sud, Autriche- » Hongrie, Bohême, Russie, Hollande, Suisse, Amérique du Nord, » Espagne et Italie. Ces trois derniers pays y assistaient pour la première » fois. Aux conférences précédentes avaient assisté des représentants de » la France, de la Belgique et de la Suède.

» Le programme des questions étudiées par la troisième commission » permanente a été suivi exactement. Les résolutions prises par la Confé- » rence de Vienne seront publiées dans un rapport dont j'aurai l'honneur » de présenter ultérieurement un exemplaire à la Société.

» La prochaine Conférence aura lieu en 1895, à Zurich.

» Voici la liste des Présidents :

» *Président de la Conférence :* Professeur Bauschinger ;

» *Président honoraire :* M. Berger, directeur des travaux de la ville de » Vienne ;

» *Vice-Présidents :* Le 24 mai. — Professeur Bélélubsky (Russie) ; Gru- » ber, Président de la Société des Ingénieurs autrichiens ;

» Le 25 mai. — Professeur Hartog, de Dresde ; Professeur Marteus. » de Berlin.

» En plus du programme de la Conférence, M. Bélélubsky a fait à la » Société des Ingénieurs et Architectes autrichiens une conférence sur » les ponts en Russie et sur quelques questions spéciales relatives à la » pratique des ponts et au laboratoire de mécanique dont il est le » Directeur.

» Cette conférence a été accompagnée de projections montrant des » types de ponts russes, leur montage, leur destruction, etc.

» J'ai en même temps l'honneur de remettre à votre Société un exem- » plaire du rapport annuel du laboratoire de mécanique.

» Veuillez agréer, etc.

» *Signé :* BÉLÉLUBSKY. »

La Société ne peut que remercier ce distingué collègue des renseignements qu'il a envoyés.

M. James Forrest, membre du Comité d'organisation du Congrès International des travaux maritimes qui se tiendra à Londres du 18 au 21 juillet, a également adressé à la Société une lettre à ce sujet ; mais M. Fleury, qui doit prendre la parole au cours de la séance, veut bien en entretenir ses collègues.

M. Paul Jannettaz a la parole pour sa communication sur la *Dureté des métaux et sa méthode de mesure fondée sur l'emploi du microscope.*

M. Paul Jannettaz expose que la *dureté des corps* est une propriété physique sur laquelle très peu de travaux ont été faits en France, tandis qu'au contraire un nombre considérable d'études ont été poursuivies sur ce sujet à l'étranger, en Allemagne notamment; il dit que l'attention des Ingénieurs s'est cependant, depuis quelque temps, portée vers cette question, qui a été discutée dans la Commission des méthodes d'essai des matériaux, à la suite d'un rapport de M. Osmond, rapport aussi important par les considérations personnelles de l'auteur que par la richesse des documents qui y ont été réunis. M. Jannettaz a pu, grâce aux indications bibliographiques qu'il contient, se reporter à plusieurs mémoires originaux qui lui étaient inconnus quand il a entrepris d'étudier la dureté; il a ainsi appris que le procédé de mesure qu'il proposait et pour lequel il avait fait construire divers appareils, procédé fondé sur la production d'une rayure et sur la détermination de celle-ci au microscope, avait été déjà indiqué par le Dr Martens, directeur du Laboratoire de mécanique appliquée de Charlottenbourg, et employé par l'artillerie allemande. D'autre part, le rapport général de la Commission des méthodes d'essai des matériaux, rédigé par MM. Raclé et Debray, conclut qu'il est intéressant d'effectuer des essais pratiques pour étudier la dureté par striage et réserve à une session ultérieure la définition précise de la dureté.

Dans ces conditions, M. Jannettaz a pensé qu'il serait peut-être de quelque intérêt pour la Société d'être tenue au courant de tous les essais faites en vue de déterminer la dureté. Cette propriété, que les minéralogistes définissent « la résistance à la rayure », n'a été longtemps observée que par eux; c'est ainsi que, depuis Huyghens, qui s'en est occupé le premier (1690), il faut citer Werner, Wallerius, Haüy, Mohs, Breithaupt, Pansner, Krutsch, Frankenheim, Seebeck, Franz, Gräulich et Pekarek, Exner, Pfaff et Cornu. Cependant, vers 1760 déjà, Musschenbroek avait mesuré la dureté des bois et des métaux par la pénétration d'un coin enfoncé dans ces matières au moyen de chocs; depuis, la méthode de pénétration a été très employée et appliquée à l'étude des métaux sous diverses formes : 1° pénétration par chocs; 2° pénétration lente, 3° pénétration avec rotation de l'outil. M. Jannettaz expose les conditions expérimentales dans lesquelles se sont placés et les résultats qu'ont obtenus Grace Calvert et Richard Johnson, Huguenin, Behrens, Bottone, Middelberg, le colonel Rosset, Spangenberg, Lawrof, Daelen, de Reffye, Magna et Smith; il cite également les essais exécutés sur les fontes, au chemin de fer d'Orléans.

En passant, il faut remarquer qu'un des auteurs précédents, Bottone, a indiqué une loi physique intéressante, disant que les dureté varient en raison inverse des volumes atomiques des métaux. Pour M. Jannettaz il y a une concordance très nette dans l'ordre de classement des corps simples rangés suivant des valeurs croissantes de la dureté et des valeurs décroissantes des volumes atomiques, mais la proportionnalité numérique n'existe pas avec la rigueur que prétend avoir vérifiée Bottone; enfin, il faut examiner les différents corps dans

des conditions comparables, c'est-à-dire tenir compte de l'intervalle qui sépare, dans l'échelle des températures, le zéro absolu du point de fusion des corps.

Depuis une dizaine d'années, des travaux ont été faits en Allemagne pour étudier la dureté, en partant de considérations théoriques, par Hertz, Auerbach, Kick, Haussner, Kirsch. On doit dire que les diverses questions qu'ils ont examinées trouvent une base dans les célèbres recherches de Tresca sur la fluidité et l'écoulement des corps solides.

Les essais à l'user n'ont pas été jusqu'ici exécutés pour les métaux, malgré l'intérêt pratique qu'ils présentent; mais ils sont appelés à être prochainement réalisés et M. Durant a déjà proposé pour les fontes un mode opératoire spécial; M. Jannettaz pense qu'il serait intéressant de déterminer la dureté d'un corps par l'usure qu'il produirait sur un autre plus tendre. En tous cas, une condition demande pour les essais à l'user à être étudiée d'une manière toute spéciale, c'est la vitesse dont sont animés les corps en prise.

En somme, l'historique montre que tous les modes de travail des métaux, sauf le sciage et le laminage, — et d'ailleurs on les a peut-être employés, — ont servi de bases à des définitions de la dureté. Cela tient à ce qu'on a pris le mot dureté dans le sens de résistance; comme les corps ne sont pas homogènes, la résistance varie suivant la façon dont les efforts mécaniques sont exercés.

Les relations entre l'élasticité et la dureté ont été signalées depuis longtemps, en particulier par Hugueny; Kirsch a proposé de définir la dureté par la limite d'élasticité et d'appeler dureté la résistance aux déformations permanentes. M. Osmond a adopté cette manière de voir et a donné de la dureté cette définition : « La dureté est la propriété que possèdent, à un degré variable, les corps solides de défendre l'intégrité de leur forme contre les causes de déformation permanente et l'intégrité de leur substance contre les causes de division. » Il faut remarquer que — contrairement à ce qu'ont cherché à faire certains auteurs allemands — on ne peut pas donner une mesure absolue de la dureté, en partant de la limite d'élasticité, car la limite d'élasticité est un phénomène qui n'a rien d'absolu et qui dépend essentiellement de la sensibilité de nos moyens d'observation.

Les chiffres qu'on obtiendra pour mesures de la dureté seront purement relatifs et conventionnels; ils n'en seront pas moins intéressants, s'ils donnent sur les propriétés des métaux des indications faciles à obtenir. Les deux modes d'essai qui semblent le mieux remplir cette condition sont les essais à la pénétration et à la rayure. M. Jannettaz examine leurs avantages et leurs inconvénients; il insiste particulièrement sur les phénomènes de rayure déjà étudiés par Hugueny, Turner et Martens. La rayure comprend deux cas bien distincts, suivant qu'on dépasse seulement la limite d'élasticité ou qu'on atteint la limite de rupture. Différents moyens permettent d'apprécier quelle est celle des limites qu'on dépasse en exécutant l'expérience, et en particulier le bruit produit; il serait d'ailleurs possible d'apprécier celui-ci avec un microphone.

M. Jannettaz présente ensuite l appareil dont il se sert pour la production des rayures et qui est fondé sur le principe indiqué par Seebeck.

La pointe rayante est fixée à l'extrémité d'un fléau de balance ; quand celui-ci a été rendu horizontal, et par suite la pointe verticale, on amène cette dernière au contact du corps à rayer qui doit lui-même présenter une surface horizontale et bien polie. On charge alors la pointe avec des poids et on entraine au-dessous d'elle le corps à rayer maintenu constamment horizontal ; dans ces conditions, si le corps est homogène, il se produit une rayure très régulière. Malgré de sérieux avantages, le système à fléau de balance n'est pas indispensable et tout dispositif permettant d'avoir une pointe exactement verticale peut convenir.

Les pointes employées étaient en acier trempé ; leurs angles étaient variables ; d'ailleurs, il est nécessaire de faire des essais avec un jeu de pointes de substances différentes et très dures, telles que le corindon et le diamant. Les rayures produites sont examinées avec de forts grossissements au microscope ; l'oculaire de celui-ci est muni d'une division micrométrique, de sorte qu'il est facile d'apprécier la largeur de la raie avec une grande approximation. Des essais faits sur une série d'échantillons d'aciers provenant de la Compagnie des Forges de Châtillon et Commentry ont montré que cette méthode pouvait permettre de donner une classification sclérométrique des métaux. Cette méthode est également susceptible de mettre en évidence des défauts d'homogénéité ; c'est ainsi qu'on a pu constater dans certains échantillons de cuivre électrolytique des variations considérables dans la largeur des raies produites. On voit donc que le microscope, qui a déjà permis de si importantes études de micrométallographie, est appelé à rendre aux Ingénieurs de sérieux services pour l'étude de la dureté.

M. le Président : Notre collègue M. Jannettaz, qui, par son père M. le Professeur Jannettaz, porte un nom considéré, vient de nous faire connaître des recherches personnelles d'une nature et d'un intérêt tout particuliers. M. le Président l'en remercie.

Les Études de M. Osmond, notre très distingué collègue que cite M. Jannettaz, sont elles-mêmes des plus estimées ; et M. Michel Lévy, Ingénieur en chef des Mines et Directeur de la Carte géologique de France, qui vient de participer avec M. Osmond aux travaux de la Commission des méthodes d'essai des matériaux de construction, disait aujourd'hui même à M. le Président combien les études de ce genre font honneur à notre Société.

On ne saurait donc trop féliciter M. Jannettaz de sa communication.

M. Fleury a la parole pour sa communication sur le *Canal de la Baltique à la mer du Nord*.

Sur l'invitation de M. le Président, M. Fleury rappelle à ses collègues que la deuxième session du Congrès des Travaux maritimes s'ouvrira à Londres, le 18 juillet prochain, dans les salles de l'Institut des Ingénieurs civils, 25, Great George Street (Westminster). Le Congrès est complètement organisé. Par la qualité des organisateurs et des adhérents et le choix des mémoires qui y seront lus et discutés, il promet d'offrir un très grand intérêt. M. Fleury engage vivement ses collègues à y participer et il annonce que le Secrétariat de notre Société tient à leur disposition les renseignements et les formules nécessaires pour se faire inscrire.

M. Fleury aborde ensuite le sujet de sa communication : *Le canal maritime de la Baltique à la mer du Nord.* Il expose les difficultés que présentent à la navigation les parages du cap Skagen, les dangers auxquels elle est exposée, aussi bien sur la côte ouest du Jutland, féconde en tempêtes, que dans les passes étroites et sinueuses du Kattegat, du Sund, du grand et du petit Belt. Il s'y perd plus de vingt navires par mois. En cinq ans, l'Allemagne seule a vu y périr 708 de ses marins.

Aussi, dès le XIV^e^ siècle, la navigation songe-t-elle à s'affranchir de cette route périlleuse. La dépression très marquée qui forme d'une mer à l'autre comme un pli profond à la base de la péninsule scandinave était comme une indication de la nature, d'y tracer une route navigable. En 1398, le Secknitz réunit l'Elbe à la Trave. En 1770, le prince Frédéric, de Danemarck, fait creuser le canal de l'Eider. Sa profondeur est de 3,20 *m*, sa largeur au plafond varie de 10 à 12 *m*; au moyen de trois écluses, il s'élève à l'altitude de 7,50 *m*, de la baie de Kiel à Reudsberg, sur un parcours de 43 *km*. De Reudsberg à l'Elbe, la navigation se continue par l'Eider maritime. Cette route continue à être fréquentée par les navires de petit échantillon. Mais elle ne suffit plus aux grands steamers et aux cuirassés d'aujourd'hui. Aussi l'empire allemand a-t-il décidé (loi de juin 1885) la construction d'un grand canal maritime allant de la baie de Kiel à l'estuaire de l'Elbe. Sa longueur est de 98,625 *km*, dont 3 300 *m* en courbes d'un rayon de 1 000 *m*, ce qui est impropre au passage d'un grand navire. Il a à peu près les mêmes dimensions transversales que le canal de Suez : 22 *m* au plafond, avec des talus de 2, 1 à 3 1 et une profondeur moyenne de 8,50 *m*. M. Fleury, dans une courte digression, discute ces dimensions, et, les rapprochant de celles données aux autres grands canaux actuellement construits ou en cours de construction, il établit que le rapport de la section du canal à celle de la partie immergée du navire est partout insuffisante, et qu'il en résulte plusieurs effets fâcheux, d'abord un accroissement de résistance au mouvement qui peut diminuer de plus de 50 0/0 l'effet utile du propulseur; puis la production de remous et de courants latéraux très dangereux pour les rives. Cet effet sera d'autant plus sensible, dans le canal de la Baltique à la mer du Nord, que les terrains dans lesquels il est creusé sont très friables et inconsistants, et que la défense des rives n'y est assurée que d'une façon fort incomplète. M. Fleury ne paraît pas éloigné de penser qu'en plus d'un point le muraillement jusqu'au plafond s'imposera comme cela a eu lieu pour le canal Érié. Enfin, tant par le jeu des marées dans l'estuaire de l'Elbe que par les changements de niveau que subit la baie de Kiel sous l'influence des vents, des courants très intenses tendraient à se produire d'une extrémité à l'autre du canal, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre. On a dû y obvier en plaçant des écluses à chaque extrémité, qui seront fermées chaque fois qu'il se produira une dénivellation sensible. Ces écluses n'en auront pas moins pour effet de ralentir le transit et de diminuer ainsi la puissance de rendement du canal.

Ces écluses ont été fondées sur des massifs de béton coulés dans des enceintes de pieux jointifs. La construction de celle de Holtenau, sur la baie de Kiel, n'a pas présenté de difficultés spéciales; mais, pour les

de Brunsbuttel, dans l'Elbe, on n'a pas pu étancher l'enceinte. Il a fallu l'excaver a la drague et y couler sous l'eau un massif de 75 000 m³ de beton. Cette operation a été executée en trois mois, a raison de 820 m³ par jour, grâce a la très habile disposition du chantier.

Les terrassements ont été exécutés a l'excavateur pour la partie au-dessus de l'eau; avec des dragues, pour la partie au-dessous. Les entreprises disposaient d'un excellent et nombreux materiel, mais qui ne présentait rien de particulier.

La plus grande difficulté rencontrée a consisté dans la traversée des terrains tourbeux et marecageux de la partie ouest. Pour leur donner un peu de consistance, il a fallu y former, des deux côtes de la cuvette du canal, des remblais avec le sable extrait des tranchées pratiquées sous les seuils.

M. Fleury donne quelques renseignements sur divers autres details de la construction de ce canal, dont le cube, primitivement prevu a 77 millions de mètres cubes, en atteindra vraisemblablement 82.

On estime la dépense probable à près de 225 millions de marks, fournis pour un quart par la Prusse, le surplus par l'Empire.

La taxe sera de 75 pfennings (soit 0,94 *f*) par tonne de jauge nette, et on semble compter dès le debut sur environ 8 millions de tonnes, réparties sur 9 000 navires.

Au point de vue de la sécurité de la navigation, ce canal presente une utilité considerable; au point de vue economique, on calcule que la durée moyenne du passage sera de treize heures et procurera une abreviation de trente-six heures aux vapeurs allant de Hambourg à Kiel.

On compte aussi que, par cette nouvelle voie, le commerce de Hambourg s'étendra dans l'Est : en particulier, les charbons de la Rhur, amenés dans l'Elbe par le canal de l'Ems, paraissent pouvoir en profiter pour aller concurrencer les charbons anglais sur les cotes de la Baltique.

Copenhague s'apprête a lutter : la vaillante ville danoise agrandit et outillage son port, qui sera declare franc, reprenant ainsi un avantage qu'a perdu recemment Hambourg.

Mais la consideration dominante, celle qui a determiné les votes des Chambres et l'appui de l'opinion allemande, c'est la consideration strategique. Les relations des deux grands arsenaux allemands, Wilhelmshaven et Kiel, seront incontestablement facilitées. Mais, en cas de guerre, il y a bien peu d'hypotheses dans lesquelles on pourrait admettre que l'Allemagne put, sans danger, degarnir une de ses cotes au profit de l'autre. La presence d'une force navale ennemie dans les eaux du Danemark ou de la Suede, prête a se porter a droite ou a gauche, suffira a paralyser l'effet utile du canal au point de vue strategique. C'etait la, semble-t-il, l'opinion du vieux de Moltke, qui regardait l'occupation du Jutland comme le preliminaire de toute action navale dans le Nord, et qui eut preferé consacrer a l'accroissement de la flotte les fonds dessinés au creusement du canal. D'ailleurs, tous ces raisonnements, ici comme ailleurs, partent forcement de suppositions plus ou moins contestables.

Ce qu'il faut retenir du canal de la Baltique à la mer du Nord, c'est que son exécution, en dépit de certains détails critiquables, est conduite avec une habileté et un désir de bien faire qui honorent ses Ingénieurs. C'est surtout qu'il sera utile, au point de vue économique, sans doute, mais surtout au point de vue humanitaire, et que des centaines de marins, chaque année, lui devront la vie. Cela seul justifie sa construction.

M. LE PRÉSIDENT dit que l'accueil fait à la communication de notre collègue en est le meilleur commentaire. M. Fleury a légitimement l'oreille de la Société; il sait mieux que personne exposer avec compétence les questions qu'il aborde. M. le Président le remercie au nom de la Société; la communication de M. Fleury sera insérée *in extenso* au *Bulletin*.

La séance est levée à 10 heures et demie.

Assemblée générale ordinaire semestrielle du 16 juin 1893 (1).

PRÉSIDENCE DE M. P. JOUSSELIN, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

M. LE PRÉSIDENT rappelle que la Société est réunie en Assemblée générale semestrielle pour entendre le compte rendu de la situation financière de la Société, conformément à l'article 16 des Statuts, et donne la parole à M. H. COURIOT, trésorier, pour la lecture de son rapport.

SITUATION FINANCIÈRE AU 1er JUIN 1893

Nombre des Sociétaires.

Le nombre des Sociétaires était, au 1er décembre 1892, de. . .	2 [illegible]
Du 1er décembre 1892 au 1er juin 1893, le nombre des admissions a été de 92.	92
formant un total de	2 [illegible]
dont il faut déduire par suite de décès, démissions et radiations	[illegible]
Le total des membres de la Société au 1er juin 1893 est ainsi de.	2 [illegible]

Situation de la caisse au 1er juin 1893.

Le tableau des recettes et dépenses, annexé au compte rendu financier, peut se résumer de la manière suivante :

Le solde en caisse, au 1er décembre 1892, était de . Fr.	34 194,80
Les recettes effectuées du 1er décembre 1892 au 1er juin 1893 se répartissent ainsi :	
A reporter	34 194,80

(1) Voir le compte rendu de la séance bimensuelle ordinaire, page 698.

Report			34 194,89

RECETTES

1° Pour le fonds courant :

Cotisations . . . . Fr.	32 378 »		
Droits d'admission	2 350 »		
Intérêts des valeurs de portefeuille.	3 196,20		
Vente de Bulletins et Mémoires: Abonnements et Annonces. . .	4 964,51		
Location des salles de séances .	4 395 »		
Don pour le fonds de secours . .	152 »		
		47 435,71	

2° Pour le fonds inaliénable :

Exonérations : MM. Peignot, Guérard, Grosset. . . . . Fr.	1 800 »		
Dons volontaires : MM. Robineau, en vue de la reconstruction de l'hôtel, 500 *f* ; J. Lemaître, 100 *f*; Varennes, 39 *f*.	639 »		
		2 439 »	
Le total des encaissements s'élève ainsi à . .			49 874,71
et le montant des recettes effectuées au 1er juin 1893, accru de l'encaisse au 1er décembre 1892, monte à . Fr.			84 069,60

DÉPENSES

Impressions, planches et croquis.	22 418,05		
Affranchissements et divers. . . .	5 485,60		
Appointements, travaux supplémentaires et chronique. . . .	9 045 »		
Frais de bureau, de sténographie et de séances.	1 460,90		
Prêts et secours	423,45		
Prix Annuel, Giffard 1890, Giffard 1893 et Couvreux	6 066,35		
Contributions, entretien de l'immeuble, assurances, frais de la cité, chauffage, éclairage, téléphone, etc.	4 879,96		
Solde de travaux prévus dans l'exercice précédent	3 905,46		
Classement de la bibliothèque.	3 097,45		
Pension de Mme Ve Husquin de Rhéville.	1 500 »		
A reporter. . . . Fr.	58 282,22		84 069,60

Reports . . Fr.	58 282,22	84 069,60
Remboursement de bons de l'emprunt.	10 750 »	
Paiement des coupons échus . .	651 »	
Frais exceptionnels, gratifications, souscriptions, etc.	2 196,75	
Frais de recouvrement des cotisations	582,81	
Frais divers	382,75	
Exposition de Chicago	3 259,35	
	76 104,88	
Le montant des dépenses étant de		76 104,88
le solde en caisse, à la date du 1er juin 1893, est ainsi de . . . . . Fr.		7 964,72

Nous vous présentons également le Bilan de la Société dressé dans la forme habituelle ; il est arrêté à la date du 1er juin et se résume comme suit :

A l'actif sont portés :

L'Hôtel de la Société, pour . . . . . Fr.	279 602,20
Notre portefeuille, représenté par 403 obligations du Midi, deux titres de 285 *f* de rente 3 0/0 et 15 obligations de la Compagnie Madrilène du gaz.	167 327,06
Les espèces en caisse.	7 964,72
La bibliothèque	8 404,65
Nos débiteurs et les cotisations arriérées au 1er juin 1893.	9 562,40
TOTAL. . . . . Fr.	472 861,03

Au passif figurent :

Nos créanciers (pour impressions, reliure, travaux en cours). . . . . Fr.	2 077,40
Les prix divers (en cours) s'élevant à	4 218,70
Le compte « Fonds de secours »	157,75
Le montant des dons et exonérations restant à consolider .	269,21
Notre emprunt de 75 000 *f*, actuellement en remboursement et réduit à ce jour à.	3 350 »
Les coupons restant à payer.	757,50
Le capital social s'élevant à	462 030,47
CHIFFRE ÉGAL. . . . . Fr.	472 861,03

COMPTE DES RECETTES ET DÉPENSES

Premier semestre de 1893.

RECETTES

En caisse au 1er décembre 1892			Fr. 34 194,09
1° Pour le fonds courant :			
Cotisations	Fr. 33 378 »		
Droits d'admission	2 350 »		
Intérêts des valeurs de portefeuille	3 190,20		
Ventes de bulletins et mémoires, abonnements et annonces	4 961,51		
Location des salles de séances	4 395 »		
Pour le fonds de secours	158 »		
		47 435,71	
2° Pour le fonds inaliénable :			
Inscriptions : MM Peignot, Guérard et Grunert	Fr. 1 800 »		
Dons volontaires (MM. Robineau, en vue de la reconstruction de l'hôtel, 500 f, J. Lemaître, 100 f, Varennes, 39 f	639 »		
		2 439 »	
			49 874,71
		Fr.	84 069,80

DÉPENSES

1° Par le fonds courant :		
Impressions, planches et croquis	Fr.	22 418,05
Affranchissements divers		5 485,60
Appointements, travaux supplémentaires, chronique		9 045 »
Frais de bureau, de sténographie et de séances		1 460,90
Prêts et secours		423,45
Prix annuel, Giffard 1891, Giffard 1892 et Couvreux		6 066,35
Contributions, entretien de l'immeuble, frais de la cité, éclairage, chauffage, assurances, etc.		4 879,96
Solde de travaux prévus dans le dernier exercice		3 903,46
Classement de la bibliothèque, livres, reliure, menuiserie, etc.		3 097,45
Pension de Mme veuve Husquin de Rhéville		1 500 »
Remboursement des Bons de l'emprunt		10 750 »
Paiement des coupons échus		651 »
Frais exceptionnels, gratifications, souscriptions, etc.		2 196,75
Frais de recouvrement des cotisations		583,81
Frais divers		383,75
Exposition de Chicago		3 250,35
		76 104,88
Solde en caisse au 1er juin 1893		7 964,72
	Fr.	84 069,60

BILAN AU 31 MAI 1893

ACTIF

Immeuble :		
a. Terrains et frais . . . . . Fr.	86 223,90	
b. Constructions et frais	150 814,65	
c. Mobilier et frais d'installation	42 563,65	
		279 602,20
Fonds inaliénable :		
a. Fonds social, 111 obligations du Midi . : . .	46 217,72	
b. Legs Nozo 19 » »	6 000 »	
c. Legs Giffard 131 » »	50 372,05	
d. Fondation Michel Alcan 1 titre de rente 3 0/0	3 730 »	
e. Fondation Coignet » »	4 285 »	
f. Fondation Couvreux 11 obligations du Midi .	4 857,75	
g. Don anonyme	6 750 »	
		122 212,52
Fonds courant :		
131 Obligations du Midi.		45 114,54
Caisse :		
Solde disponible		7 964,72
Bibliothèque		
Meubles, matériel, volumes achetés, etc.		8 404,65
Divers :		
a. Débiteurs divers.	703,40	
b. Cotisations 1892 et années antérieures (après réduction de 50 0/0).	3 351	
c. Cotisations 1893 (solde restant à encaisser sur la première moitié de l'exercice).	5 508 »	
		9 562,40
	Fr.	472 861,03

PASSIF

Créditeurs divers :		
Impressions, planches et croquis, souscriptions, créditeurs divers et travaux en cours, évalués à. . . . . Fr.		2 077,40
Prix divers 1894 et suivants :		
a. Prix annuel	(mémoire)	
b. Prix Nozo	683,20	
c. Prix Giffard (en cours)	3 028,80	
d. Prix Michel Alcan.	202,50	
e. Prix Coignet	225 »	
f. Prix Couvreux	79,20	
		4 218,70
Fonds de secours.		157,75
Valeurs à consolider :		
Somme à porter au Fonds inaliénable, après emploi. . . .		269,21
Emprunt 75 000 : Bons remboursés et amortis . . . *47 600* »		
Id. abandonnés sans affectation . . . *13 300* »		
Id. abandonnés en vue de la reconstruction de l'Hôtel. *10 750* »	*24 050* »	
Id. en remboursement. . . . . *3 350* »		3 350 »
Coupons restant à payer sur 1890.	346,50	
— — sur 1891.	237 »	
— — sur 1892.	174 »	
		757,50
Profits et Pertes :		
Avoir réel de la Société.		462 030,47
	Fr.	472 861,03

Notre avoir au 31 mai, étant de 462 030,47 *f*, a donc augmenté au cours du semestre de 6 528,65 *f* ; il n'était, en effet, au 30 novembre dernier, que de 455 501,82 *f*, ce qui accuse une progression satisfaisante.

Soixante-dix bons de notre emprunt ont été gracieusement offerts à la Société au cours du semestre par nos collègues, MM. Bunel, P.-M. Julien, Kreutzberger, E. Lebon, S.-G. Lebrun, A. Normand, J. Farcot, P. Farcot, A. Farcot, Schild-Farcot, Windsor, Damoizeau, Chômienne, Cottancin, Charton, Viguerie, J. Allard, Baudot, Ch. Gibault, Caen, J. Giraud, Euverte, E. Mayer, Deutsch, Wallerstein, Bourdil, Anthoni, Gotteraau, Brauer, J. Rouvière. J'exprime ici, en votre nom à tous, notre sincère et profonde gratitude à ces généreux bienfaiteurs.

Le montant des dons que nous avons recueillis sous la forme d'abandon de bons, depuis l'origine de notre emprunt, s'élève au total à 24 050 *f*, il représente environ le tiers de notre dette originaire.

Parmi les dépenses exceptionnelles de l'exercice, il convient de mentionner celles se rapportant à l'Exposition de Chicago, complètement amorties, ainsi que les travaux et fournitures de meubles pour la bibliothèque, l'entretien de l'immeuble et toutes les impressions, qui sont entièrement soldées au 31 mai, et dont la valeur était assez considérable, vu l'importance des *Bulletins* de novembre, de décembre et de janvier.

Je dois vous signaler une réduction de près de 400 *f* dans le chiffre des locations des salles de séances de l'hôtel de la Société ; je ne saurais trop engager nos collègues, appartenant à des Sociétés savantes, industrielles ou financières à ne pas perdre de vue cet élément important de nos ressources qui, en temps normal, nous fournit au moins 3 0 0 de la valeur de notre hôtel et qui fait que ce dernier ne nous coûte plus que les charges inhérentes à la propriété et devient pour nous une source sérieuse de revenus.

La confection de notre catalogue qui touche à sa fin, l'achat de nouveaux corps de bibliothèque, ont pesé assez lourdement sur le semestre, ainsi que les travaux qu'il a fallu exécuter, par suite du défaut d'espace qui se fait chaque jour plus sentir, pour créer une pièce nouvelle dans l'hôtel, destinée à recevoir nos archives.

Les sorties de caisse du semestre sont supérieures à la normale, en raison du remboursement de plus de 10 000 *f* de bons que nous avons retirés de la circulation et de la charge du double prix Giffard qui doit être distribué dans la présente séance.

La Société a pensé qu'elle devait avoir sa place marquée dans le grand tournoi international de Chicago, elle s'est imposé dans ce but un sacrifice important (3 259,35 *f*) totalement amorti dans le semestre en cours. En nous associant à l'Exposition de Chicago, nous sommes heureux de donner aux Ingénieurs américains une marque de l'intérêt que notre Société porte à tout ce qui peut contribuer à resserrer les liens d'étroite solidarité et d'estime réciproque qui unissent les Ingénieurs français à leurs collègues des États-Unis.

M. le Président constate avec plaisir que le rapport qui vient d'être

entendu dénote que la situation de la Société est prospère, et il propose l'adoption pure et simple du bilan présenté par M. le Trésorier.

Les comptes sont adoptés à l'unanimité.

M. le Président ajoute que le bon état des finances de la Société doit être attribué au zèle et au dévouement infatigables de son Trésorier et propose de lui voter les remerciements qui lui sont bien dus. *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT annonce qu'il va proclamer les noms des lauréats des prix décernés par la Société et qui sont cette année au nombre de quatre : le Prix Annuel, le Prix Alphonse Couvreux, le Prix Giffard de 1890, prorogé en 1893, et le Prix Giffard de 1893.

M. le Président s'exprime en ces termes :

En ce qui concerne le Prix Annuel, nous avions un assez grand nombre de mémoires à examiner présentant tous un grand intérêt. Le Jury, après les avoir examinés attentivement, a fixé son choix sur le très remarquable travail de M. Georges Leloutre, relatif à la *Théorie générale de la Machine à vapeur et la Théorie de l'Enveloppe.*

Ce mémoire avait été déjà déposé à la Société, lorsqu'il fut récompensé par l'Académie des sciences; cette distinction fait grand honneur au travail qui en est l'objet et à la Société elle-même. *(Applaudissements.)*

M. LELOUTRE, en recevant le prix, remercie M. le Président ainsi que les Membres de la Commission et de la Société.

M. LE PRÉSIDENT continue : Pour la première fois, nous décernons cette année le Prix Alphonse Couvreux. Nous avons examiné, conformément au programme qui avait été indiqué, les différents mémoires concernant les travaux publics. Nous avons trouvé, dans le mémoire de M. Edouard Lippmann, intitulé: *Voyage en Hollande; Compte rendu et Notes techniques*, des renseignements précieux au point de vue des travaux publics et des ouvrages d'art de ce pays, et le Jury a décidé que le Prix Couvreux serait remis à M. Ed. Lippmann. *(Applaudissements.)*

En recevant ce prix qui est décerné pour la première fois, M. LIPPMANN adresse en son nom et au nom de la Société des remerciements à son généreux fondateur; après avoir également remercié les Membres de la Commission, il ajoute qu'une grande partie du mérite de son travail revient aux Ingénieurs néerlandais qui lui ont envoyé quantité de renseignements précieux; il en profite pour demander à l'assemblée de renouveler le témoignage de la profonde reconnaissance et de l'entière sympathie des Ingénieurs Civils français pour leurs collègues de Hollande. *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT. — Nous arrivons au Prix Giffard de 1890, qui a été prorogé en 1893, parce qu'à cette époque on n'avait pas trouvé d'ouvrage répondant suffisamment au programme. Cette année-ci, nous avons trouvé, entre autres mémoires, celui de M. Maurice Demoulin, concernant les progrès réalisés depuis 1878 dans la *Construction des machines à vapeur*. Ce travail est très intéressant; toutefois, le Jury a reconnu qu'il pré-

sentait quelques lacunes, et n'a pas pensé qu'on pût décerner à M. Demoulin l'intégralité du prix Giffard ; mais il a été accordé, à titre d'encouragement, une médaille d'or et 2 000 *f* à notre collègue, en ce moment en Amérique. (*Applaudissements.*)

En ce qui concerne le Prix Giffard de 1893, nous avons été également dans un assez grand embarras. Parmi les mémoires présentés, il y avait le travail de MM. Louis Carette et Etienne Herscher, sur le ***Chauffage des habitations, des écoles, des ateliers, des magasins et édifices publics.***

Ce travail, certainement remarquable, présentait quelques lacunes au point de vue de plusieurs procédés, indiqués d'une manière un peu sommaire. Mais, eu égard à son importance, le Jury a décidé qu'il serait attribué à MM. L. Carette et Etienne Herscher, à titre d'encouragement, une médaille d'or et une somme de 2 000 *f*. (*Applaudissements.*)

(Remise de la médaille à M. Et. Herscher, qui remercie.) (*Nouveaux applaudissements.*)

M. LE PRÉSIDENT rappelle que, conformément à l'article 4 du Règlement du Prix Giffard, la Commission chargée de déterminer le sujet à proposer pour le Prix de 1896 doit être composée du Président, des quatre Vice-Présidents et de deux anciens Présidents.

Le Comité a désigné MM. P. Buquet et A. Brull. Le sujet du concours sera annoncé dans l'une des séances de décembre 1893.

M. LE PRÉSIDENT, avant de céder le fauteuil à M. du Bousquet, demande à dire quelques mots :

Mes Chers Collègues,

Le mardi 6 courant avait lieu à la Compagnie du chemin de fer du Nord une manifestation des plus touchantes sur laquelle je vous demande la permission d'appeler votre attention.

Notre collègue, Charles Thouin, officier de la Légion d'honneur, Ingénieur en chef des services de l'Exploitation, atteignait sa cinquantième année de service.

Tout le personnel s'était cotisé pour offrir au chef éminent et vénéré un souvenir de reconnaissance consistant en une œuvre d'art, qui lui a été remise le jour même de son cinquantenaire.

Cette fête unique dans les annales des chemins de fer, à laquelle le Conseil d'administration et le haut personnel de la Compagnie avaient tenu à s'associer, a consacré les liens d'affection qui unissent la Compagnie du Nord à un de ses plus dignes serviteurs.

Charles Thouin est un de nos doyens les plus aimés ; je vous demande, mes chers Collègues, de lui adresser, à l'occasion de cet heureux événement, nos félicitations les plus cordiales et les plus sympathiques. (*Applaudissements prolongés.*)

La séance de l'Assemblée générale est levée.

Séance du 16 juin 1893.

PRÉSIDENCE DE M. DU BOUSQUET, VICE-PRÉSIDENT.

M. DU BOUSQUET, en prenant possession du fauteuil, prononce les paroles suivantes :

« Je suis extrêmement flatté, monsieur le Président, que vous veuillez bien me céder le fauteuil aujourd'hui, et vous prie d'agréer tous mes remerciements. Vous me faites un grand honneur en m'appelant à présider une séance si importante, où un grand nombre de nos éminents collègues prendront la parole et qui est composée d'un auditoire si nombreux et si choisi.

» Messieurs, je ne veux pas vous faire attendre plus longtemps les communications que vous allez entendre et je vous demanderai la permission de passer tout de suite à l'adoption du procès-verbal dout vous avez pu prendre connaissance. »

Le procès-verbal de la séance du 2 juin est adopté.

M. LE PRÉSIDENT dépose la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance, parmi lesquels il signale tout particulièrement celui de M. Frey consistant en un album des outils créés et perfectionnés depuis l'Exposition de 1889 pour le travail des métaux. M. Frey est toujours un travailleur infatigable, bien que son âge lui permette de prétendre au repos.

Il y a également l'ouvrage d'un de nos collègues, M. Delessard, sur la filature du coton par les machines modernes.

M. LE PRÉSIDENT donne ensuite lecture d'une lettre de notre collègue, M. H. Béliard, au sujet de l'Exposition universelle d'Anvers en 1894 :

« Monsieur le Président,

» Comme Membre de la Société des Ingénieurs Civils, et Membre du » Comité exécutif de l'Exposition, je vous ai envoyé un colis contenant » un certain nombre de règlements de notre Exposition de 1894 et viens » vous prier de vouloir bien les déposer à la bibliothèque de la Société a » la disposition de nos Collègues que cette Exposition pourrait intéresser » pour laquelle le gouvernement français a déjà nommé une commission » sous la présidence de M. Muzet.

» Veuillez agréer, etc.

» Signé : H. BÉLIARD »

Les renseignements dont il est question dans cette lettre sont déposés au Secrétariat de la Société.

La Société a également reçu la lettre suivante de M. A. Mallet :

« *Paris, 15 juin 1893.*

» Monsieur le Président,

» N'ayant pu assister à la séance du 19 mai, dans laquelle M. G. Richard a présenté à la Société le compte rendu du *Traité de la Machine à vapeur*, de M. Thurston, je n'ai eu connaissance qu'aujourd'hui du texte de l'analyse de notre collègue. Je m'associe pleinement à l'appréciation de celui-ci, sur la valeur de l'ouvrage si important du professeur américain; mais il m'est impossible de ne pas ajouter aux légères critiques que M. G. Richard a introduites dans son compte rendu l'expression du regret de trouver, dans l'ouvrage qui en fait l'objet, une lacune qui doit nous toucher profondément à tous les points de vue.

» On ne peut se dissimuler que l'auteur est loin d'avoir fait à la science française la part qui lui est légitimement due dans l'histoire de la machine à vapeur; on trouve dans son livre relativement peu de noms français à côté des noms américains, anglais et allemands, et on doit regretter de voir passer sous silence certains des premiers qui nous sont chers et dont la place est brillante dans l'histoire de la machine à vapeur. Ces lacunes ne pourront manquer de frapper ceux d'entre nous qui liront l'ouvrage de M. Thurston; il nous suffira d'en citer deux.

» L'ouvrage américain décrit et discute les machines à vapeur combinées qui ont joué un rôle important dans la marine il y a quarante ans; il donne les résultats des expériences faites sur la machine de ce système, du paquebot *le Brésil* (pages 701 et suivantes, volume I), mais il ne fait aucune mention du nom de Du Tremblay!

» La seconde lacune est encore plus grave.

» En 1885, M. le président de Comberousse voulut bien nous charger de présenter à la Société le *Guide pour l'essai des machines*, de notre confrère, M. Buchetti. Dans la séance du 10 avril 1885, nous nous exprimions comme suit : « Nous tenons à rappeler que la véritable théorie pratique de l'action de la vapeur dans les cylindres des machines, laquelle seule rend compte, d'une manière satisfaisante, de la différence qui existe entre le poids de vapeur indiqué par le diagramme et le poids de vapeur réellement entré dans la machine, est due à Combes et à Thomas, le maître regretté d'un grand nombre d'entre nous. Il y a plus de trente ans (1) que cette théorie, nouvellement admise aujourd'hui, est enseignée à l'École Centrale, et tous les raisonnements par lesquels on a cherché à démontrer que les idées communiquées par Thomas, aux nombreuses promotions de l'École, n'étaient que de pures suppositions basées sur des expériences grossièrement approximatives, et que Thomas n'était tout au plus qu'un précurseur inconscient, ne sauraient prévaloir contre les textes si nets et si précis contenus dans les cahiers de notes qu'un grand nombre d'entre nous possèdent et conservent avec un soin religieux.

1) Voir dans la Chronique de septembre 1890, pages 307 et suivantes, ce qui est relatif aux modérations intérieures, dans le cours autographié de Thomas à l'École centrale; le professeur y dit avoir enseigné ces théories aux élèves de l'année 1837-38, ce qui ferait aujourd'hui plus de quarante-cinq ans.

» C'est avec une véritable surprise et un chagrin réel que nous avons » vu récemment un de nos collègues américains, professeur éminent, » publier un historique des recherches théoriques concernant la machine à vapeur, historique dans lequel il n'est pas fait la plus légère » allusion au rôle capital rempli dans cette question par un Ingénieur » qui a joint, à des travaux personnels de premier ordre, le mérite d'avoir enseigné les vrais principes de la machine à vapeur à des milliers, » on peut le dire, d'Ingénieurs répartis dans tous les pays du monde, » alors que ces principes étaient méconnus partout ailleurs. »

» L'allusion que nous faisions en 1885 visait précisément un premier » ouvrage de M. le professeur Thurston : *l'Histoire de la Machine à vapeur*, traduite en français par M. Hirsch en 1880; on voit que la » lacune que nous signalions alors existe toujours dans le nouvel ouvrage, où l'auteur, sans tenir compte de la célèbre communication de » Combes, à l'Académie des sciences, le 3 avril 1843, des explications » données par cet Ingénieur dans son *Traité d'Exploitation des mines*, » publié en 1845, et des travaux et des leçons de Thomas, persiste à » faire à l'Ingénieur anglais D. K. Clark l'honneur de la première indication relative à la notion des condensations initiales aux cylindres » (page 273. volume I).

» Nous croyons donc indispensable de protester contre ces oublis, au » nom de la science française, au nom de l'École Centrale, qui a eu la » première un cours de machines à vapeur et qui, la première, y a » enseigné les vrais principes, et au nom de la Société des Ingénieurs » civils, dont Thomas a été un des membres les plus brillants et eût » été certainement un des présidents, si la mort n'eût terminé trop tôt » sa carrière.

» Nous comptons fermement voir réparer cet oubli dans la prochaine » édition du remarquable ouvrage de M. Thurston, édition que, comme » M. Richard, nous souhaitons prochaine à l'auteur, et nous pensons » que nous pourrions en tout cas nous reposer, pour cette réparation » patriotique, sur la bonne volonté des éditeurs et des traducteurs.

» Au surplus, nous avons peut-être tort de nous étonner de trouver » ces omissions sous la plume d'un auteur américain, alors qu'on les » rencontre dans des ouvrages tout récents publiés par des écrivains » français qui ne paraissent pas se préoccuper plus que les étrangers de » rendre à des compatriotes la justice qui leur est due.

» Veuillez agréer, Monsieur le Président, l'expression de mes senti» ments les plus distingués.

» A. MALLET. »

M. LE PRÉSIDENT pense que la Société ne peut que s'associer au sentiment exprimé par M. Mallet et le remercie du soin qu'il a pris de rappeler les travaux de nos illustres compatriotes.

Enfin, il y a une lettre de M. Peretmère qui, ne pouvant assister à la séance d'aujourd'hui, désire cependant présenter quelques observations à la communication de M. Badois.

Comme la discussion sera continuée dans la prochaine séance, M. Peretmère pourra venir exprimer lui-même ses idées.

L'ordre du jour appelle la *Suite de la discussion sur le Tout à l'egout* (1).

M. E. Trélat a la parole :

Tout en reconnaissant l'intérêt que peut présenter le projet exposé par MM. Duvillard et Badois pour l'adduction à Paris des eaux du lac Léman, M. Trélat ne peut accepter les déclarations qu'ils ont faites ensuite au sujet de l'assainissement de la ville de Paris, et qu'il considère comme des erreurs.

Pour mieux faire comprendre les arguments qui vont suivre, l'orateur commence par rappeler brièvement ce qu'est le plan d'assainissement de Paris. Ce plan est la suite de nombreuses études d'Ingénieurs compétents et des idées qui dirigent aujourd'hui l'hygiène et la science de la salubrité des villes.

Un résultat fatal de la civilisation est l'augmentation de la population des villes et la diminution de celle des campagnes. Or, au sein des grandes agglomérations d'hommes, la part de ciel, de lumière et d'aération de chacun diminue, le milieu devient contraire à l'existence et favorable aux maladies, par suite de la promiscuité des déchets et des résidus de la vie ; il faut donc avant tout porter remède à cette situation. Certes, il est important d'empêcher les maisons d'atteindre une hauteur exagérée, de ne pas rétrécir les voies publiques jusqu'à s'opposer au passage des rayons du soleil ; mais, ce qui est indispensable, c'est de donner de l'eau pure et d'empêcher le voisinage de tous les détritus de la vie.

C'est à ce programme que répond le projet d'assainissement de la ville de Paris, qui est dû à des Ingénieurs illustres : Dupuit, qui a donné le profil le plus favorable de l'égout ; Belgrand, qui a fait l'étude hydrologique du bassin de Paris et conçu le réseau des égouts ; son élève, Conche, qui a reconnu toutes les sources utilisables du bassin de Paris ; puis, le seul survivant d'entre eux, M. Mille, qui a étudié le moyen d'utiliser les richesses d'azote qui résultent de la vie des hommes, et enfin, Durand-Claye, qui, mettant à profit les leçons de ses maîtres, mais en se plaçant au point de vue purement sanitaire, a fixé les moyens d'éloigner des villes ces matériaux de pourriture pour en retirer les éléments utiles.

La conclusion de ce programme est donc l'expulsion immédiate hors de la maison de toutes les eaux sales par les nettoyages, et cela doit se faire sans le secours d'aucun appareil mécanique sujet aux accidents et aux encrassements délétères. Le siphon, déjà employé depuis longtemps en Angleterre et dont M. Trélat a exposé un croquis, convient parfaitement, à la condition qu'on établisse dans la maison une chasse d'eau capable de faire franchir cet obstacle à l'eau sale ; c'est ce qui est déjà fait dans quelques maisons et devra l'être un jour dans toutes.

Sorties de la maison, ces eaux sales circulent dans les égouts, poussées par les chasses d'eau quand la pente est insuffisante, se déversent de l'un à l'autre émissaire en rencontrant des sections de plus en plus grandes à mesure que le débit augmente.

Mais où vont-elles aboutir ? La loi de l'hygiène s'oppose à ce qu'elles

1 Voir Bulletins de septembre 1890, page 475, et mai 1893, pages 505 et 523.

soient rejetées à la rivière. La solution n'est encore que partielle, mais elle se poursuit.

A Clichy, des machines élèvent les eaux d'égout à 8 *m* de hauteur et les envoient à Gennevilliers, qui est le champ d'épuration comprenant 800 *ha* et qui suffit au traitement de 80 000 m^3 d'eau par jour.

Quelle est cette épuration? Il est important de la bien définir.

Un champ d'épuration n'est pas une terre qu'on couvre d'une couche d'eau d'égout; c'est un lieu de culture dans lequel on trace des rigoles séparées par des plates-bandes dont la surface reste en contact immédiat avec l'air, tandis qu'au moyen de vannettes on envoie en temps utile l'eau d'égout dans les rigoles.

M. Trélat explique sur un dessin schématique comment les molécules d'air, descendant dans le sol, opèrent la combustion des molécules oxydables renfermées dans le liquide qui s'infiltre.

Au-dessous il montre la couche de terrain imperméable sur laquelle se réunit en pleurant l'eau admirablement épurée.

L'oxydation si parfaite et si prompte dont il vient d'être parlé n'est pas seulement due à l'affinité de l'oxygène pour les matériaux combustibles de l'eau. Elle est sollicitée, excitée, surexcitée par le travail des microbes de la terre.

Une expérience de MM. Muntz et Schlœsing a permis de reconnaitre cette action : elle consiste à faire une oxydation très prompte dans un terrain ne contenant aucune matière première oxydable et ne recevant que des eaux d'égout ; dès qu'on chloroformise le milieu, le microbe perd son activité et l'oxydation cesse.

Un cinquième des eaux de la ville de Paris se trouve ainsi épuré à Gennevilliers, c'est donc une expérience concluante. Elle a demandé beaucoup de courage et de persévérance à ceux qui l'ont entreprise.

Le succès a été complet ; les habitants de Gennevilliers, d'abord rebelles à l'épandage, l'ont ensuite réclamé et les terrains qui valaient 1 500 *f* l'hectare en valent maintenant 12 000 et 15 000 *f*.

Si des difficultés s'élèvent actuellement, c'est que la ville de Paris voudrait devenir propriétaire des terrains dans lesquels elle a placé ses conduites d'eau d'égout et en faire l'expropriation.

Après cet exposé du plan d'assainissement de la ville de Paris, M. Trélat aborde la discussion.

MM. Badois et Duvillard prétendent que les égouts ne peuvent pas être des conduites étanches ; qu'ils laisseront passer les eaux polluées dans le sol de la ville et infecteront les habitations. Il y a quinze ans que ces objections puériles ont été réduites à néant. Elles n'ont plus aucun crédit dans le monde de l'hygiène.

On a également prétendu que les terrains d'épandage se feutreraient et cesseraient bientôt d'être absorbants ; mais grâce à la culture, au labourage et aux déplacements incessants des rigoles, ce feutrage ne se produit jamais.

A une observation de H. Duvillard qui demande ce que devient le sable entraîné des rues, M. Trélat répond qu'il vient simplement s'ajouter à celui dont est constitué le terrain d'épandage.

Quant au système de M. Duvillard, qui consiste à rejeter à la Seine

toutes les eaux d'égout même très étendues, il n'en veut à aucun prix. Tous les hygiénistes sont ici d'accord. Ce qu'il faut *d'abord* assurer c'est qu'aucune immondice, aucune eau polluée n'ira à la rivière.

M. Badois, de son côté, propose d'envoyer à la Seine toutes les eaux de nettoyage et de recueillir dans des conduites fermées la vidange pour l'envoyer aux usines de traitements chimiques. Mais, dit l'orateur, ces usines ne doivent plus exister. Nous n'en tolérons aucune.

M. E. Badois fait observer qu'il y en a encore à Choisy-le-Roi.

M. Trélat déclare qu'on doit en poursuivre la fermeture. Il rejette également la solution proposée de creuser de vastes puisards destinés à recevoir les eaux résiduaires de ces usines. L'hygiène moderne abolit les puisards, comme toutes réserves d'*eaux usées*.

On a encore prétendu que par l'épandage on allait favoriser le développement des microbes et les introduire dans la nourriture par l'intermédiaire des légumes cultivés par ce procédé. Les expériences de Pasteur et de ses adeptes, de M. Cornil en particulier, ou de M. Grancher, ont prouvé que cette objection n'est pas fondée.

Les microbes, dont quelques-uns seulement (ceux qu'on appelle pathogènes) sont nuisibles, restent dans le sol jusqu'à une profondeur de 70 à 80 cm, mais ils n'en sortent pas et jamais il n'en a été trouvé sur les feuilles des légumes poussés dans les champs d'épandage.

Au contraire, le rôle de ces microbes est bienfaiteur, car ce sont eux qui détruisent par un travail énorme et incessant toutes les pourritures et les corps morts enfouis dans le sol.

Les pluies et les gelées ont encore été considérées comme un obstacle à l'épandage. Pour les premières, l'expérience a prouvé que les petites pluies étaient sans effet; quant aux grandes, il est certain qu'elles rejettent dans le fleuve les détritus. Ce sont là de ces grands lavages généraux qui perdent, il est vrai, passagèrement l'azote qui serait très précieux à la culture, mais qui ne présentent aucun danger, puisque, d'une part, ils n'arrêtent pas l'émission des eaux polluées et que, d'autre part, le cours *grossi* du fleuve ne laisse place à aucune idée de stagnation. Les gelées n'ont pas plus d'importance et les eaux d'égout sont généralement assez chaudes pour se faire leur passage dans les hivers ordinaires.

En terminant, M. Trélat conjure tous les Ingénieurs de ne pas créer d'obstacle à la prompte réalisation du plan d'assainissement de Paris. Ce plan a été conçu, étudié, contrôlé, discuté à fond depuis vingt ans. Toutes les objections qu'on reédite aujourd'hui ont été réfutées et sont restées sans réplique devant tous les auditoires compétents de l'Europe. L'expérience a consacré la méthode sur les 800 *ha* de Gennevilliers, que M. Duvillard a tort d'appeler un minuscule essai. Berlin a copié Paris avec un plein succès. Il faut que Paris achève son œuvre d'assainissement, car Paris a une population qui est le douzième de celle de la France.

M. Badois, répondant à M. Trélat qui a dit que les riverains des cours d'eau captés ont été largement indemnisés, objecte que cette indemnité

n'a pas été accordée à tous et que les gens qui faisaient de l'irrigation avec les eaux de l'Avre n'ont rien reçu.

M. Trélat estime qu'on ne doit pas s'arrêter à cette considération : Paris a besoin d'eau et doit la prendre où il la trouve.

M. le Président remercie M. Trélat et le félicite pour la façon vraiment magistrale avec laquelle il expose ses idées, puis il donne la parole à M. P. Guéroult, qui s'est inscrit pour prendre part à la discussion.

Après avoir rappelé les différentes communications déjà faites à la Société sur le sujet à l'ordre du jour, M. P. Guéroult, comme M. Trélat, demande que l'on n'apporte plus d'obstacle à l'achèvement rapide des travaux dépendant du *Tout à l'Égout* dont il est devenu un partisan convaincu.

Le projet d'adduction à Paris de l'eau du Léman, par M. Duvillard, a été l'origine de la discussion actuelle. M. Guéroult reprend et discute dans leur ordre chacun des articles du mémoire paru au *Bulletin* de septembre 1890, sans développement préalable en séance.

L'exécution d'une œuvre de cette envergure présenterait des obstacles de toute nature. L'ouvrage ayant 540 *km* de longueur et devant servir exclusivement à l'alimentation d'eau de Paris et de la banlieue, il serait de la dernière imprévoyance de se reposer sur ce mode unique d'alimentation d'eau dont les causes d'arrêt dues à un accident quelconque sur le parcours ont en réalité quatre à cinq fois plus de chances de se produire que sur les aqueducs actuels de longueurs moindres qui ne sont pas exempts de chômage, mais auxquels on peut du moins suppléer tant bien que mal au moyen des autres modes d'alimentation. Au temps nécessaire aux réparations, il faudra ajouter celui estimé 8 à 10 jours pour la vidange et le remplissage de la canalisation, dépourvue de vannes ou écluses de partage : enfin, les riverains n'auraient-ils pas à craindre d'être balayés par un torrent surgissant du fait d'une rupture.

M. Guéroult estime en outre que l'on peut douter de la qualité des eaux du Léman et cite l'exemple de la ville de Lyon qui récemment n'aurait accepté l'eau du lac d'Annecy qu'à la condition qu'elle ne serait employée que pour le service de la voirie et les besoins industriels.

Au point de vue militaire, on a déjà reproché aux sources de la Vanne, de la Dhuys et de l'Avre, de se trouver en dehors de notre camp retranché et de constituer un point faible à la défense de Paris. Cette objection n'est-elle pas encore beaucoup plus puissante à l'égard du projet proposé et sa défense contre une invasion étrangère serait-elle possible ?

Partie technique de l'aqueduc. — M. Guéroult entrevoit de grands risques dans l'établissement de la prise d'eau à 35 *m* de profondeur dans les conditions décrites et jugées indispensables par l'auteur du projet, et dit qu'on fera bien de s'assurer de la réussite de ce travail avant d'attaquer la suite de l'ouvrage. Il critique l'emploi de tuyaux en tôle d'acier de 3,10 *m* de diamètre et 8 *m* de longueur pour les parcours en conduite forcée et fait également ses réserves sur le mode d'exécu-

tion et l'étanchéité du joint à bague proposé qui n'a jamais été employé pour d'aussi forts diamètres de conduites d'eau forcée.

Ce système de joint fut repoussé lorsqu'il s'est agi de la conduite principale de distribution des eaux de l'Avre construite par nos collègues MM. Gibault et Georgi en tubes d'acier de 1,50 m de diamètre.

Enfin, les six réservoirs prévus à des altitudes de convention et sans désignation exacte d'emplacements auraient une capacité totale de 1 million de mètres cubes, c'est-à-dire la moitié du volume d'eau amené en vingt-quatre heures.

En cas de chômage de l'aqueduc, ils ne constitueraient qu'une réserve de douze heures.

D'autre part, le lac faisant lui-même fonction de réservoir naturel, il serait aussi pratique, non pas de les supprimer, mais de réduire notablement leur capacité.

Estimation de la dépense. — La construction de l'aqueduc nécessiterait, avec les imprévus, une dépense d'environ 500 millions, sans compter les indemnités d'expropriation à payer à la Ville de Paris et aux Compagnies des Eaux de Paris et de la Banlieue.

En se basant sur ce que le produit brut de la vente de l'eau, tant à Paris que dans la banlieue, n'est que de 17 millions, et en tenant compte d'autres considérations, M. Guéroult estime qu'au point de vue purement financier, l'affaire est peu tentante et pour ainsi dire irréalisable.

Distribution. — On peut se demander comment notre réseau d'égouts, déjà très encombré, pourrait contenir les 600 *km* de tuyaux supplémentaires de 1,10 m de diamètre jugés nécessaires pour la distribution d'une seule nature d'eau. Il faudrait ou retirer des égouts une partie des conduites actuelles, ou construire un autre réseau d'égouts, ce qui serait très long et entraînerait à une dépense supplémentaire de 100 à 125 millions.

Délai d'exécution. — Le délai de six ans, qui a été indiqué tant pour les études que pour l'exécution des travaux, paraît bien court, si l'on considère les lenteurs forcées à subir de la part des pouvoirs publics à consulter, des expropriations et des questions internationales à régler, et, enfin, de la constitution d'une Société au capital de 500 millions. M. Guéroult est amené à estimer que douze années seraient nécessaires.

L'orateur conclut en disant que notre alimentation d'eau actuelle, sans être confortable, peut très facilement ne pas être des plus précaires, et que, si le projet d'adduction de l'eau du lac Léman venait à s'imposer, ce serait dans un avenir relativement lointain.

Il attendra son heure, comme le Métropolitain, Paris port de mer, le Pont ou le Tunnel de la Manche et le Canal des Deux-Mers.

M. le Président, après avoir remercié M. Guéroult, donne la parole à M. Ch. Herscher.

M. Herscher dit qu'après l'exposé magistral développé par M. Emile Trélat, il croit inutile d'insister à son tour.

Toutefois, M. Herscher retient plusieurs indications intéressantes

fournies par M. Guéroult. La Société se rappellera que, l'an dernier, M. Herscher s'était alarmé de voir M. Duvillard s'appliquer à prouver que l'énorme dépense que coûterait l'amenée des eaux du lac Léman à Paris était nécessitée par les besoins de l'assainissement de notre capitale. M. Herscher avait contesté cette affirmation qu'il regardait, d'autre part, comme décourageante et propre à nuire à la réalisation des travaux d'assainissement des villes en général.

Or, M. Herscher fait remarquer, comme M. Guéroult, qu'aux chiffres donnés par M. Duvillard, il y aurait lieu d'ajouter encore les frais colossaux du remaniement du réseau distributeur des eaux de Paris. On semble en effet ignorer que la canalisation actuelle est faite pour arriver à débiter au maximum 10 m^3 d'eau par seconde, ce qui dépasse déjà, pour longtemps, la limite des prévisions raisonnables. On peut s'effrayer en pensant aux travaux qu'il faudrait faire pour débiter 24 m^3.

Heureusement que c'est inutile. Paris est suffisamment pourvu pour ses besoins actuels; on peut constater avec satisfaction que dans l'année extraordinairement chaude et sèche que nous traversons, aucun arrondissement de Paris n'a manqué d'eau. On est également paré pour les augmentations de consommation auxquelles il faut successivement s'attendre; enfin les moyens ne manquent pas de mieux utiliser qu'on ne le fait et de mieux répartir les quantités dont on dispose. Rien donc ne justifie pour l'instant, ni pour longtemps encore, une immense opération comme celle proposée par M. Duvillard, ou toute autre équivalente.

M. Herscher croit aussi, comme M. Guéroult, que l'amenée d'eau unique proposée pour alimenter Paris présenterait de graves aléas. Le système général adopté par nos ingénieurs est tout autre; il est partout très apprécié dans sa conception et dans sa réalisation.

M. Herscher fait encore remarquer, incidemment, qu'on s'illusionne quelque peu sur la pureté des eaux du lac Léman, que ses riverains évitent de consommer. A Genève même, on a fait des travaux considérables pour aller, loin du bord, chercher un milieu plus sûr, et on se prépare à reculer de 1 000 *m* au moins le point de prise de « l'eau du Rhône ».

M. Herscher ne veut d'ailleurs diminuer en rien les mérites de la belle distribution d'eau de Genève. Il ne faut pourtant pas oublier que l'établissement des égouts dans cette ville a contribué beaucoup aussi, pour sa part, à son assainissement. Il est seulement regrettable que les eaux sales desdits égouts ne soient pas purifiées *a posteriori* par leur épandage sur des terrains appropriés.

M. Herscher revient, en terminant, sur les craintes qui ont été émises de voir les eaux d'épandage devenir des causes d'infection; les savants les plus compétents ont reconnu que cette crainte était chimérique; c'est donc une œuvre qu'il ne faut plus entraver.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Herscher des nouveaux éléments qu'il a apportés à la discussion.

La parole reviendrait à M. Périssé, mais, en raison de l'heure avancée, et pour ne pas écourter les communications des orateurs inscrits, la suite de la discussion est remise à la prochaine séance.

La séance est levée à dix heures quarante-cinq.

Séance supplémentaire du 23 Juin 1893.

PRÉSIDENCE DE M. P. JOUSSELIN, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

M. LE PRÉSIDENT annonce en ces termes le décès de M. V. Contamin : « Messieurs, j'ai une douloureuse nouvelle à vous apprendre : notre illustre collègue et ami Victor Contamin a succombé à la suite de la douloureuse et longue maladie qui le tenait éloigné de nous depuis plusieurs années. Vous connaissez tous Contamin ; il appartenait à la Société des Ingénieurs civils depuis longtemps. On peut dire qu'il a réellement succombé à l'excès de travail qu'il s'était imposé. A l'Exposition de 1889, il était le bras droit de M. Alphand et il travaillait vingt heures par jour. Après l'Exposition, il avait perdu absolument toute force pour résister. Sans vouloir prendre de repos, il a continué cependant à travailler à la Compagnie du chemin de fer du Nord et à rendre les grands services qu'il avait toujours rendus. Tombé gravement malade, il a dû cependant quitter tout à fait ses occupations ; et depuis ce jour la maladie n'a pas cessé de le miner. S'il y a une consolation pour nous, c'est que la mort a été pour lui une délivrance, dans l'état où il se trouvait.

» Je vous demande d'adresser à sa famille éplorée le témoignage de notre profonde sympathie. *(Assentiment unanime.)*

» M. Contamin est mort au Vésinet. On le ramènera à Paris et l'enterrement aura lieu lundi prochain ; naturellement, la Société des Ingénieurs civils voudra rendre les derniers devoirs à l'un des plus illustres de ses anciens présidents. »

M. LE PRÉSIDENT fait ensuite part d'une lettre de M. L. Vauthier ainsi conçue :

« Paris, le 22 juin 1893.

» A Monsieur le Président de la Société des Ingénieurs civils, en » séance.

» MONSIEUR LE PRÉSIDENT ET CHER COLLÈGUE,

» C'est il y a quelques heures seulement que j'ai reçu, sous date du » 18 juin, sur papier rose, l'annonce de la séance supplémentaire de » demain 23 juin, en vue de la discussion du *Tout à l'égout*.

» Ma soirée étant déjà engagée, je ne pourrai, à mon vif regret, me

» trouver à côté de ceux de nos collègues qui, dans cette discussion » dénuée d'opportunité, essaieront d'empêcher qu'on jette, à l'aide » d'idées démesurées, de nouveaux bâtons dans les roues de la Ville de » Paris qui, en cette urgente et difficile question de l'assainissement, » ne va pas déjà si vite en besogne.

» Je souhaiterais que par la connaissance qui sera donnée de cette » lettre à la réunion, ceux des collègues dont je parle sussent que je » suis avec eux ; et, si la discussion est renvoyée à une séance ultérieure, j'ai l'honneur de vous prier de vouloir bien m'inscrire pour la » parole.

» Veuillez, Monsieur le Président et cher Collègue, agréer l'assurance » de mes sentiments les plus distigués,

« VAUTHIER. »

La discussion devant se continuer dans la prochaine séance, M. Vauthier pourra prendre la parole.

Avant de donner la parole aux orateurs inscrits, M. LE PRÉSIDENT tient à leur rappeler qu'il s'agit d'une *discussion de la communication* de M. Duvillard, il les invite donc à ne traiter que des questions s'y rattachant directement. Il ne s'agit pas de rouvrir de nouveau la question du *Tout à l'égout* qui est résolue maintenant et que M. Trélat, dans la précédente séance, a exposée une fois de plus avec un grand talent.

La parole est à M. S. Périssé, le premier orateur inscrit.

M. PÉRISSÉ présente un exposé de la question de l'assainissement de Paris et de la Seine, au double point de vue de l'adduction d'eau et de l'expulsion des matières usées. En indiquant, avec chiffres à l'appui, ce que l'Angleterre a fait depuis vingt ans, à la suite du vote de la loi générale pour la protection de la santé publique, il arrive à cette conclusion que plus de 130 000 existences seraient épargnées chaque année en France, si, par l'adoption des mêmes mesures sanitaires, on obtenait un même abaissement du taux de la mortalité. Mais la loi sur l'hygiène publique n'est malheureusement pas encore votée.

En attendant, rien, si ce n'est à Paris, n'a été fait, rien n'a été dépensé en France pour améliorer les conditions hygiéniques. La ville de Paris est cependant entrée dans la bonne voie il y a déjà plus de vingt ans, mais on a beaucoup piétiné sur place sans avancer.

Il présente un historique des décisions prises par le Conseil municipal de Paris sur la proposition de ses ingénieurs, des projets de loi présentés à la Chambre et au Sénat, et du vote de la loi du 4 avril 1889 relative aux champs d'épuration d'Achères. Tout cela a pris neuf années, au cours desquelles l'état du fleuve s'est de plus en plus aggravé ; et, pour le démontrer, il donne le résultat des analyses microbiologiques. Pour sortir de cette situation grave, il importe de réaliser les décisions du Conseil municipal et de mettre en pratique l'ordre du jour voté par la Chambre des députés, sur la proposition de M. Trélat.

Après avoir résumé la situation, M. Périssé recherche : 1° ce qu'il y a de fait ; 2° ce qui reste à faire.

Situation actuelle. — Il fournit d'abord tous les chiffres relatifs aux eaux à l'entrée. Elles forment deux catégories : les eaux de source, qui

fournissent un minimum de 200 000 m^3 et les eaux d'autres provenances, plus ou moins impures, dont le volume quotidien est de 400 000 m^3. Au sujet des eaux a la sortie, il indique les longueurs exécutées d'égouts publics et de branchements.

Au sujet des matières usées, tous les chiffres statistiques sont fournis pour les fosses fixes, les fosses mobiles, les tinettes-filtres et le tout à l'égout, pour le nombre total des maisons, comparé au nombre total des chutes, pour le volume des eaux d'égout du collecteur de Clichy et du collecteur départemental, dont le débit total annuel est actuellement de 145 millions de mètres cubes, sur lesquels 30 millions seulement sont épurés dans la plaine de Gennevilliers, dont les champs d'épuration ne dépassent pas 800 *ha*. Les chiffres relatifs à la composition des eaux d'égout font ressortir l'importance des engrais apportés sur chaque hectare irrigué.

Au sujet des résultats du traitement à Gennevilliers, M. Périsse se réfère à l'exposé magistral qui a été présenté par M. Trélat; mais il le complète par des chiffres tellement éloquents que tout doute doit disparaître au sujet de la parfaite efficacité de l'épuration par le sol à Gennevilliers. Il croit que l'opinion de certains savants s'est modifiée depuis cinq ans, car il est aujourd'hui reconnu sans conteste que c'est le sol imprégné d'air qui est le meilleur milieu dans lequel les matières azotées nuisibles se convertissent en produits nitrités inoffensifs, et dans lequel se détruisent les micro-organismes pathogènes; et, à ce propos, il analyse une note de M. Launay, parue l'année dernière dans les *Annales agronomiques*.

Le tout à l'égout doit donc être appliqué et généralisé, comme cela existe d'ailleurs dans un grand nombre de villes en Europe.

M. Périsse étudie ensuite quelle devrait être la situation. Au sujet de l'adduction d'eau, il estime qu'il ne devrait pas entrer une seule goutte d'eau impure à l'intérieur des maisons. Actuellement, le service privé absorbe 67 *l* par habitant, comme à Berlin en 1887, tandis que M. l'Ingénieur Couche avait indiqué 105 ou 110 *l* qui sont, en fait, aujourd'hui consommés dans quelques riches quartiers de Paris. Il cite, d'après le rapport de M. Humblot sur la visite faite à Londres l'année dernière, les chiffres de consommation dans cette ville, comparés à ceux de Paris pendant le même mois. Pour calculer les besoins réels, M. Périsse adopte la moyenne de Londres pour les maisons et celle de Paris pour les services publics, c'est-à-dire, dans l'un et l'autre cas, 130 *l* par habitant et par jour, ce qui, à raison de 3 millions d'habitants pour l'agglomération parisienne, ville et banlieue, conduit à 780 000 m^3 par jour, moitié en eaux de source, moitié pour les services publics.

Les eaux impures sont de 500 000 m^3 par jour, y compris 250 000 m^3 d'eau de Seine et de Marne représentant 3 m^3 par seconde, c'est-à-dire 7 à 8 0/0 seulement du débit en basses eaux. Les prises au fleuve existent; il importe de les conserver.

Au sujet des eaux de source, il manque 200 000 m^3 par jour qui peuvent être amenées à Paris, puisque la ville a déjà acheté :

En Bourgogne	120 000 m^3
En Brie	55 000
Sur le Loing et le Lunain	55 000
	230 000 m^3

Mais il faut se préoccuper de l'avenir qui peut donner avant peu 4 millions d'habitants à l'agglomération parisienne ; et alors à raison de 260 litres par habitant, on arrive au million de mètres cubes qu'a demandé la 6e Commission du Conseil municipal, se rangeant à l'avis de M. Deligny, son rapporteur. Il examine s'il faut prendre le complement des eaux de source nécessaire dans le haut bassin de la Seine ; si on ne doit pas le demander à la filtration lente par le sol d'un volume d'eau pris à l'amont de Paris ou à la création de lits artificiels de filtration dans des bassins de décantation comme à Londres ou à l'épuration d'eau par des procédés chimiques ou mécaniques actuellement proposés ou en expérimentation, ou enfin à l'exécution du projet de M. Duvillard.

L'amenée des eaux du Léman à Paris serait évidemment un bienfait pour la capitale, mais l'entreprise est-elle possible financièrement parlant ? L'aqueduc projeté doit être plus national que parisien pour avoir chance d'être exécuté.

Dans la dernière partie de son exposé, M. Périssé fournit tous les chiffres relatifs au *Tout à l'égout*, et il arrive à conclure que les champs d'épandage devraient avoir depuis longtemps déjà 3 600 *ha* de superficie, que demain ils doivent être de 6 000 *ha* et dans un avenir rapproché de 7 800 *ha* pour exécuter la loi de 1889.

Il recherche la position et l'importance des terrains perméables qui existent autour de Paris et, s'appuyant sur le travail de M. Adolphe Carnot, il en trouve, dans un rayon de 50 à 60 *km*, 28 500 *ha* qui s'élevent à 40 000 *ha* en allant plus loin dans la vallée de la Seine et la vallée de la Marne.

M. Périssé étudie ensuite la double question de l'épuration et de l'utilisation. Il cite les expériences faites à Lawrence aux Etats-Unis ; il donne le nombre de mètres cubes versés autour de Berlin, autour des villes anglaises et allemandes. Il donne l'équivalence de la teneur en azote des eaux d'égout et du fumier de ferme employés dans les cultures, et il arrive à conclure que pour faire de l'utilisation agricole sérieuse, les 40 000 m^3 de la loi sont au moins trois fois trop élevés et ne peuvent donner qu'une utilisation partielle. Il fait le compte de l'engrais parisien qu'il importe de rendre à l'agriculture et finalement il pense que pour réserver complètement l'avenir il faut pratiquer l'épandage des eaux d'égout non pas dans une seule direction vers l'Ouest, mais aussi dans d'autres directions rayonnant autour de Paris.

Il déclare être d'accord avec M. Badois sur bien des points de sa Note, mais non pas sur sa dernière conclusion. Il est d'avis que les eaux de lavage des rues sont dangereuses et qu'il convient de les envoyer à l'égout et que, en ce qui concerne les eaux usées des habitations, il faut adopter aussi le système du tout à l'égout pour ne pas conserver des usines incommodes et insalubres qui n'ont pas prouvé jusqu'ici qu'elles

pouvaient sans inconvénients opérer la transformation des matières en engrais.

M. Périsse cite ensuite ici deux vœux émis en 1889 par le Congrès international de l'hygiène, auxquels il s'associe, et il formule les conclusions suivantes :

1° L'état des choses actuel est intolérable, puisque plus de 4/5 des eaux usées de Paris vont se déverser en Seine, sans avoir été préalablement épurées ;

2° Le parfait assainissement de Paris et de sa banlieue exige à bref délai l'adduction des 200 000 m³ d'eau des sources dont la Ville s'est déjà assuré la propriété, eau beaucoup plus froide que celle du Léman ;

3° Pour le surplus des eaux pures dont l'agglomération parisienne aura besoin dans un avenir plus ou moins rapproché, il conviendra de les demander, de préférence, à un système de filtration ou d'épuration artificielle, si la pratique vient démontrer la parfaite efficacité et les avantages de tel ou tel système.

L'emploi des eaux filtrées ou épurées artificiellement n'aurait plus sa raison d'être si les eaux froides du Léman étaient amenées jusqu'à Paris ;

4° Achever et approprier notre réseau d'égouts pour généraliser le plus tôt possible l'application du tout à l'égout ;

5° Il est urgent pour la Ville de Paris d'augmenter de 2 000 *ha* la surface de ses champs d'épuration qui n'est actuellement à Gennevilliers et à Achères que de 1 000 *ha* ;

6° Étudier dès maintenant les voies et moyens pour avoir en outre la disposition de 4 000 *ha* de terrains perméables suivant cinq ou six directions rayonnant autour de Paris, et ce, pour être à même, tout en commençant à faire de l'épuration avec utilisation partielle, de répondre aux demandes des cultivateurs pour faire de l'épuration avec utilisation agricole complète.

En terminant, il espère que le Parlement votera avant la fin de la législature le projet de loi déposé il y a trois jours tendant à autoriser la Ville de Paris à emprunter 117 millions pour les travaux d'assainissement qui intéressent à un si haut degré la salubrité et la santé publiques.

M. LE PRÉSIDENT félicite M. Périsse de la communication pleine de renseignements statistiques qu'il vient de faire et qui complète très bien celle de M. Trélat, puis il donne la parole à M. Chardon.

M. F. CHARDON consent à donner son tour de parole à M. Duvillard, qui le lui a demandé, pour répondre quelques mots aux critiques qui lui ont été adressées dans la dernière séance.

M. DUVILLARD voit avec plaisir la discussion qui s'est ouverte au sujet de son projet d'adduction de l'eau du lac de Genève à Paris.

Ce n'a pas été sans un vif intérêt qu'il a entendu M. Trélat expliquer à la Société le système de l'épuration des eaux d'égouts par le sol ; il est admissible que l'épuration ainsi entendue puisse être suffisante quand elle peut se faire d'une manière normale, on peut s'en rapporter sur ce point à l'autorité incontestée de l'éminent professeur. Mais il est une autre

vérité que M. Trélat ne nie pas, c'est que, pendant les grandes pluies ou les très fortes gelées, le fonctionnement en sera interrompu, et pendant ce temps toutes les eaux d'égout seront envoyées au fleuve, dont les eaux seront souillées. Il est donc aujourd'hui certain que le tout à l'égout ne peut se séparer, au moins éventuellement, du tout à la Seine. L'argumentation de M. Duvillard reste donc entière :

1° La Seine ne pourra jamais fournir aux services publics les eaux pures dont ils ont besoin ;

2° Non seulement il ne faut pas prendre d'eau au fleuve, mais il faut lui en donner pour activer la vitesse de son cours et entraîner les immondices qu'il renferme.

Ces deux points sont ensuite développés.

L'augmentation du travail mécanique dans les travaux de culture rend un grand nombre de bras inutiles aux champs, c'est ce qui pousse les hommes à se porter dans les villes pour chercher de l'ouvrage.

Pour empêcher cette masse énorme d'êtres humains de s'étioler il faut, d'après Proust, en première ligne, de l'eau pure en abondance, et l'évacuation rapide, sans stagnation possible, des eaux usées de la vie et de l'industrie.

Belgrand, auteur des *Eaux de Paris*, dont l'autorité ne saurait être contestée, a dit : 270 *l* d'eau potable sont nécessaires à chaque habitant, et il en faut une égale quantité pour les besoins industriels.

Les prévisions Belgrand exigeraient actuellement 1 900 000 m^3, et dans l'avenir 2 700 000.

Sans se préoccuper des villes voisines alimentées par les eaux contaminées de la Seine, on a procuré à Paris jusqu'à 200 000 m^3 d'eau potable, au régime d'été, ou 75 *l* par individu, réduits à 60 si on y ajoute la banlieue, et à 40 *l* (d'eau de source) bien entendu si on tient compte de l'avenir.

On est donc loin de réaliser la formule de M. Proust.

La solution apportée par M. Duvillard consiste à conserver ce qu'on possède, 200 000 m^3 d'eau de source et à compléter l'alimentation totale nécessaire. Au sujet de la deuxième condition, M. Duvillard répète qu'il faut toujours compter avec le fleuve, puisqu'en outre des cas qu'il a déjà cités dans lesquels il faudra envoyer les eaux d'égout à la Seine, il y a le long de ses rives bon nombre de villes et de bourgs qu'on ne pourra jamais empêcher d'y envoyer leurs eaux usées. L'eau de la Seine demeurera toujours salie.

Il y a donc nécessité d'augmenter la quantité d'eau pour diluer ces impuretés et augmenter la vitesse du courant.

Enfin les eaux du lac Léman ne coûteront que 0,66 *f* le mètre cube annuel alors que dans la situation actuelle les eaux de source reviennent à 2,05 *f*. Pour la quantité d'eau nécessaire, ce serait une économie considérable.

De toute cette discussion, il résulte pour l'orateur que le moment est arrivé de se mettre à l'œuvre.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Duvillard du développement qu'il vient

de donner à sa précédente communication et donne la parole à M. E. Chardon.

M. E. Chardon persuadé qu'il appartient à l'expérience seule de décider aujourd'hui sur le mérite des différents systèmes proposés pour l'assainissement des villes et sur l'efficacité pratique du *Tout à l'Égout*, profite de la discussion entamée devant la Société pour lui soumettre les résultats de l'œuvre poursuivie à la porte de Paris par la Société de salubrité de Levallois-Perret, en vue d'appliquer à cette ville le système de la vidange pneumatique, bien que ces résultats ne portent que sur les sept premiers mois du fonctionnement de l'usine.

Il s'agit de l'enlèvement des vidanges et des eaux ménagères et industrielles au moyen d'une canalisation en fonte, spéciale et étanche, supprimant toute communication entre ces matières et l'air, les égouts et les terrains environnants d'autre part.

Le système pneumatique est celui qui, sous le nom de système Berlier, a fait à Paris depuis dix ans l'objet d'une expérience dont les résultats ont été mis à profit pour l'application industrielle de Levallois. M. Chardon fournit quelques détails sur les anciens appareils et l'usine de M. Berlier. Il justifie la nécessité d'interposer entre les chutes et la canalisation un récipient destiné à séparer et à retenir les corps étrangers dont l'introduction dans la conduite pourrait provoquer des obstructions ; c'est là le point délicat qui est aujourd'hui complètement résolu par l'appareil de Levallois-Perret.

La vidange pneumatique, opérée par l'aspiration, au moyen du vide et à mesure de leur production, de toutes les matières usées vers une usine centrale, chargée de les évacuer ou de les utiliser, offre cet avantage de conserver aux eaux souilles leur volume initial sans dilution ni addition d'eaux pluviales ou autres.

D'où il résulte que, dans le cas d'un transport ou d'un refoulement de ces eaux, *les forces et les canalisations à employer sont réduites à un minimum*, et qu'au point de vue de l'utilisation agricole ou industrielle, *leur concentration les dote d'une richesse maximum*.

C'est le contraire du résultat obtenu par le *Tout à l'égout*, qui, en diluant les eaux de vidange, se donne le double embarras d'en exagérer le volume et d'en déprécier la richesse fertilisante.

M. Chardon donne quelques renseignements topographiques sur la ville de Levallois, ville de 45 000 âmes, plate, dépourvue d'égouts et disposant de peu d'eau.

L'usine construite au point bas comprend deux pompes à action directe avec deux moteurs de 70 *chx* et deux réservoirs de 20 000 *l*. Il décrit la canalisation, qui comprend actuellement 10 500 *m* de conduites en fonte sur les 30 000 qui seront nécessaires.

Le vide s'y maintient entre 55 et 65 *cm* de mercure.

Il montre et fait fonctionner devant la Société un appareil évacuateur. On a reproché, dit-il, à cet appareil les organes mécaniques très simples qu'il comporte ; mais il ne faut pas oublier qu'il est fait, non en vue des matières qui doivent normalement s'y déverser, mais de celles dont la projection dans les tuyaux de chute est interdite.

A ce point de vue, le siphon du *Tout à l'égout* offre de bien plus grands inconvénients, car les corps étrangers le bouchent souvent et nécessitent chaque fois l'intervention du plombier. Aussi voit-on dans la pratique tous les siphons munis d'ouvertures fermées par un obturateur à vis, qu'on ouvre en cas d'obstruction pour les déboucher.

Avec l'appareil de Levallois, jamais les corps étrangers n'empêchent le fonctionnement normal. Leur enlèvement a lieu sans arrêt lors des visites périodiques des appareils.

M. Chardon donne quelques détails sur la marche de l'usine.

Le débit total pour 400 chutes, en y comprenant celles de Paris, est d'environ 165 *m* par vingt-quatre heures actuellement, soit de 400 *l* par chute (chiffre maximum).

En résumé, les avantages du système sont :

Au point de vue de l'immeuble : l'enlèvement de toutes les matières usées effectué au fur et à mesure de leur production, sans séjour dans la maison et sans odeur, par l'emploi d'un appareil ne nécessitant ni la dépense, ni l'emplacement des fosses fixes et du *Tout à l'égout*.

Au point de vue de la ville : une canalisation en fonte, remplaçant l'égout en maçonnerie et constituant elle-même un véritable égout fermé que les matières parcourent rapidement, sans contact avec le sol, ni l'air extérieur et sans émanations dangereuses.

Enfin, au point de vue de l'utilisation ou de l'évacuation des matières : l'état de concentration initial que le système pneumatique leur conserve, les laissant moins encombrantes et plus riches, rend leur maniement plus facile et leur emploi plus avantageux.

Quant à cette utilisation ultérieure, M. Chardon constate que le système se prête à tous les modes de traitement, mais n'en comporte aucun d'une façon spéciale.

Ce sont, dans chaque cas, les circonstances, la disposition des lieux, la volonté des municipalités, qui décideront si les eaux souillées doivent être rejetées aux égouts, refoulées par des pompes vers les champs d'épandage et d'épuration, dirigées vers les fleuves ou la mer, ou vers les usines de traitement chimique.

Il manifeste néanmoins une préférence marquée pour l'utilisation agricole, qui lui paraît la plus capable de résoudre sans inconvénient le problème de l'assainissement. Il s'en déclare partisan convaincu après les expériences et les travaux qui lui paraissent avoir définitivement résolu la question, et ajoute que ce sont surtout les villes du Midi, où l'eau en elle-même, et en dehors des engrais qu'elle contient, représente une richesse fertilisante de premier ordre, qui auront intérêt à adopter le principe de l'irrigation.

M. Chardon se met à la disposition de ceux de ses collègues qui désireraient visiter l'usine de la Société, rue Victor-Hugo, 133, à Levallois-Perret, et obtenir sur place des renseignements plus détaillés.

M. le Président remercie M. Chardon de sa communication qui touche le tout à l'égout auquel elle apporte une solution nouvelle et originale.

La parole est à M. Bonna, le premier orateur inscrit, mais notre collègue craint d'être un peu long en raison de l'heure déjà avancée.

M. le Président ayant rappelé la recommandation qu'il a faite au commencement de la séance, M. A. Hallopeau dit qu'il suppose que les intéressantes communications qui viennent d'être faites seront reproduites *in extenso* au *Bulletin*.

M. le Président répond que le comité appréciera la question, mais il estime que les ressources de la Société ne lui permettent pas de reproduire tous ces mémoires, et il croit que l'on devra se contenter de les déposer au secrétariat.

M. J. Fleury, qui n'a que quelques mots à dire, prend la parole.
Ses observations porteront sur trois points.

1° *Insuffisance de l'eau du service privé.* — En cela il est complètement d'accord avec MM. Duvillard, Badois et Trélat; des chiffres ont été donnés à ce sujet par M. Périsse et il est inutile d'y revenir. Mais où prendre l'eau nécessaire. M. Fleury se défend énergiquement d'avoir dit, ainsi que l'a répété M. Duvillard, qu'on devait la demander aux sources, après avoir reconnu que celles ci étaient insuffisantes.

Loin de là, il estime qu'on ne doit pas user du droit de la loi rigoureuse (art. 631 *summum jus*) qui autorise le propriétaire d'une source à en disposer comme il l'entend et sans se préoccuper des intérêts des riverains, ainsi que l'a fait la ville de Dijon.

D'ailleurs ce reproche ne peut être fait à la ville de Paris qui s'est toujours montrée très généreuse à ce point de vue et a fait, par exemple, don à la ville de Sens de 600 m³ d'eau de la Vanne par jour.

Ce n'est donc pas aux sources que M. Fleury veut demander le complément d'eau nécessaire, mais pas davantage au lac Léman dont les eaux sont de qualité douteuse, ainsi que l'a dit M. Herscher, et qui renferment, paraît-il, le germe du ver solitaire. Les frais de captation en sont, en outre, excessifs. Il voudrait prendre l'eau de filtration de la vallée de l'Yonne qui est très pure et se trouve en quantité considérable, il ne serait pas éloigné non plus de prendre l'eau de la Seine, mais bien entendu, lorsqu'elle ne sera plus souillée par les apports des nombreux égouts qui s'y déversent en ce moment et dont le nombre est, en amont, de 38 depuis Corbeil et de 14 ou 15 sur la Marne et en aval de 93 jusqu'à Mantes.

L'orateur rappelle que depuis la plus haute antiquité les eaux de la Seine avaient une grande réputation de pureté, on doit la leur rendre.

L'administration serait, du reste, suffisamment armée pour interdire de jeter des immondices dans les fleuves. Il y a un édit du Conseil du Roi de 1777, confirmé par la loi de juillet 1790. — Une autre loi, sur le régime des eaux, étudiée par le Conseil d'État, attend depuis quatorze ans sur le bureau de la Chambre son tour de discussion. — Il y a encore la loi sur la protection de la santé publique, dont le projet a été déposé en 1891 et qui a dû attendre jusqu'à aujourd'hui.

2° *Évacuation.* — Sur ce point, M. Fleury ne partage pas l'admira-

tion de M. Trélat pour nos égouts, dont la majeure partie est très insuffisante pour répondre aux besoins des services que l'on a voulu y renfermer : eau, télégraphe pneumatique, téléphone, etc., et dont la forme ovoïde est peu rationelle.

Les deux tiers des égouts sont des types primaire, secondaire et tertiaire, dont les dimensions sont sensiblement : 2 *m* de hauteur, 0,90 *m* de largeur à la naissance de la voûte et 0,40 *m* à la base.

Une multitude de petites ouvertures y déversent les eaux souillées des maisons; ces eaux, qui sont plus ou moins gluantes, ne s'écoulent pas. Elles se collent aux parois après s'être étalées, y sèchent et entrent en putréfaction. Si elles sont ensuite balayées par les eaux provenant soit des rues, soit des appareils de chasse, ce n'est que d'une manière intermittente.

On se trouve donc dans des conditions qui sont en contradiction complète avec les principes admis de l'hygiène publique.

Aussi M. Fleury estime-t-il qu'une canalisation fermée s'impose pour les eaux usées, qui ne doivent se trouver en contact qu'avec les égouts qui ont un courant rapide et continu.

C'est ce qui est fait à Londres, à Berlin, à Bruxelles et aux Etats-Unis, car il faut bien dire que, si on a admiré et copié notre système d'épandage, on s'est bien gardé d'imiter nos égouts.

Cela ne veut pas dire qu'il faut détruire notre réseau actuel d'égouts, bien au contraire, il faut le conserver, mais en le réservant pour les services auxiliaires qu'il renferme, pour les eaux de la voie publique et pour les pluies.

3° *Épandage.* — M. Fleury est tout à fait partisan de ce mode d'épuration, et il repousse avec la plus grande énergie le rejet à la rivière ou même à la mer, qui constitue un empoisonnement des rives ou des côtes voisines, en même temps qu'une perte de richesses énormes d'azote.

M. le Président remercie M. Fleury des observations intéressantes qu'il vient de présenter avec autant de science que d'esprit.

La suite de la discussion est renvoyée à la prochaine séance.

La séance est levée à 11 heures et demie.

LE CANAL

DE LA BALTIQUE A LA MER DU NORD*

PAR

M. J. FLEURY

L'idée de creuser à travers la péninsule scandinave un canal réunissant les deux mers de l'ouest et de l'est a existé de tout temps, on peut le dire, dans l'esprit des peuples qui bordent leurs rives. Cette idée prit surtout de la consistance quand la voile se substitua à la rame et que les navires durent affronter le cap Skagen et les défilés sinueux des Belts et du Sund. Actuellement, chaque mois il se perd en moyenne, dans ces dangereux parages, de vingt-cinq à trente navires de toute taille. De 1858 à 1885, en vingt-sept ans, on y compte 6 316 naufrages, et une récente statistique allemande y relève en cinq ans la disparition de 92 navires portant le pavillon de l'Empire, ayant englouti avec eux 708 personnes.

Cependant, les courants commerciaux sont si fortement établis que le nombre des navires passant d'une mer à l'autre ne cesse de s'accroître :

En 1858 on compte	. . . . .	24 541	navires
1882 —	. . . . .	38 788	—
1892 —	. . . . .	45 000	—

représentant près de 14 millions de tonnes de jauge nette.

Il y avait donc un double motif d'humanité et d'utilité à désirer entre les deux mers une voie de communication exempte des périls qui attendent le navigateur dans les détroits. Les raisons politiques et militaires dont on fait grand bruit aujourd'hui ne sont venues qu'ensuite. En 1398, la Hanse de Lubeck fait creuser entre l'Elbe et la Trave un canal appelé le Secknitz, l'un des plus

(*) Les principales sources auxquelles j'ai puisé la matière de cette note sont : 1° le *Centralblatt für Bauverwaltung*, de Berlin ; 2° le *Zeitschrift für Eisenbahnen und Dampfschiffahrt*, de Vienne ; 3° le *Wochenschrift des Œsterr. Ingenieur und Architekten Vereines* ; 4° une très instructive étude critique publiée au commencement de cette année par *M. A. Dufourny, Ingénieur principal des Ponts et Chaussées de Belgique*. — Quelques renseignements personnels ont été également mis à profit.

Je signalerai enfin que notre collègue, M. de Timonoff, Ingénieur des voies de communication en Russie, a traité également ce sujet dans son compte rendu du V° Congrès de navigation intérieure.

anciens canaux à écluses et qui présentait des dimensions permettant le passage des bâtiments de mer d'alors.

Cent vingt-cinq ans plus tard, les dimensions du Secknitz étaient devenues insuffisantes. On construit entre l'Oeste et l'Alster une voie navigable plus large et plus profonde. Mais Hambourg, rivale jalouse de Lübeck, parvient à la faire combler. Plus de deux siècles après seulement, le prince de Danemark, Frédéric, fils de Christian VII, fit creuser le canal de l'Eider, qui réunit la partie maritime de l'Eider avec la Baltique par la baie de Kiel. Ce canal subsiste encore et la fréquentation y est toujours active. On y a compté, en 1890, le passage de 4 500 navires. Sa profondeur est de 3,20 *m*, sa largeur au plafond est de 10 *m* avec des talus de 3/1. Sa longueur est de 43 *km* et celle de l'Eider maritime de 137 *km*. La distance d'une mer à l'autre par cette voie est donc de 180 *km*. Au moyen de trois écluses de petites dimensions, ce canal s'élève à 7,50 *m* au-dessus du niveau moyen de la Baltique, niveau d'ailleurs peu variable, puisque la Baltique n'a pour ainsi dire pas de marée.

C'est en 1883 que l'idée du canal, aujourd'hui en cours d'exécution, a été reprise et popularisée par un négociant de Hambourg, M. Dallström, principalement inspiré par des considérations partie humanitaires, partie commerciales, du genre de celles que nous indiquions en commençant. Des préoccupations d'un tout autre ordre déterminèrent la chancellerie impériale à s'y intéresser. On y vit un moyen de communication rapide et sûr entre les deux grands arsenaux de la marine allemande, Kiel d'un côté, Willemshafen, de l'autre; et la possibilité de concentrer les forces navales de l'Empire dans une mer ou dans l'autre, au gré des éventualités d'une guerre possible, sans avoir à passer sous les canons danois. Une loi fédérale de juin 1885 en décida la construction en ouvrant pour cet objet un crédit de 150 millions de marks dont 50 millions à la charge exclusive de la Prusse. Les travaux, aussitôt entrepris et conduits avec un remarquable esprit de suite, sont aujourd'hui fort avancés, et l'achèvement en est regardé comme prochain.

Tracé. — La baie de Kiel présente toutes les conditions requises pour être le débouché du nouveau canal du côté de l'Est. Elle est, par sa forme, défendue naturellement contre toute tentative hostile; ses fonds ne sont pas moindres de 14 à 15 *m* en tout temps, et la plus étroite de ses passes a 1 200 *m* de largeur navigable.

C'est la ville d'Holtenau, située sur la rive occidentale de la baie, à 3 *km* en avant de Kiel, qui est le point de départ du canal. De là, le tracé peut se répartir en trois sections distinctes :

1° De Holtenau à Rendsburg, en suivant presque exactement le tracé assez contourné du canal de l'Eider. . . . . 38,100 *km*

2° De Rendsburg à Grünenthal, tracé presque en ligne droite, dans la vallée de l'Eider . . . . . 30,220 *km*

3° A Grunenthal, le canal franchit par une tranchée de 14 *m* de profondeur le seuil de partage des vallées de l'Eider et du Holstein, et de là, à travers des marécages et des terrains tourbeux, encore exposés a l'envahissement des hautes marées de la mer du Nord, il vient aboutir dans l'estuaire de l'Elbe, à Brunsbuttel, apres un parcours presque complètement rectiligne de . . 30,330 *km*

Soit en tout. . . . . 98,650 *km*

Ce tracé, il faut le dire, était presque obligé. Il se développe, en effet, dans une dépression naturelle, sorte de pédoncule, comme l'appelle Elisée Reclus, qui semble rattacher à peine la base de la péninsule scandinave au continent européen. Des deux côtes, au nord comme au sud, l'altitude des terres se relève rapidement, et ne laissait pas le choix aux ingenieurs du canal.

Sur ce parcours, le tracé était encore déterminé par le désir d'y comprendre la succession de petits lacs qui se rencontrent dans cette région, espacés assez régulièrement pour servir à la fois de garages aux navires, en cas de croisement, et de régulateurs des courants. On y remarque, en effet, les surfaces d'eau suivantes que les ingénieurs allemands ont utilisées fort à propos :

LACS	DISTANCE à l'origine	DISTANCE à l'embouchure	DISTANCE d'un lac à l'autre
	km	km	km
Flemshude. .	15	83	13
Schirnauer.	28	70	5
Audorfer. . . .	33	65	17
Mechal-see. . . .	50	48	40
Kudeu.	90	8	

Dans la partie du tracé comprise entre le Meckel-See et le Kuden, les garages sont assurés au moyen d'élargissements où le plafond a 60 *m* sur 450 *m* de long. La largeur de 60 *m* paraît superflue ; par contre, la longueur ne sera sans doute pas suffisante, étant donnée la grande fréquentation que l'on prévoit.

Courbes. — Le tracé se répartit en courbes et en alignements de la façon suivante :

RAYONS	LONGUEUR	0/0 de la LONGUEUR TOTALE
	km	
Alignements droits	62,150	63
6 000 à 3 000 *m*.	23,570	23,9
2 500 à 1 500 *m*.	9,730	9,8
1 000 *m*.	3,200	3,3
	98,650	100,0

La présence de courbes de 1 000 *m* de rayon dans un canal destiné à être fréquenté par des navires qui auront souvent 100 *m* et plus de longueur à la ligne de flottaison est incontestablement critiquable, d'une façon générale. Elle l'est ici, plus encore qu'ailleurs, car les 3 200 *m* de courbes de rayon de 1 000 *m* se trouvent rassemblées exclusivement dans la partie voisine de Holtenau en petits éléments de peu de développement chacun, et séparés l'un de l'autre par des alignements de 253 *m* seulement. On a été conduit à adopter ce tracé par la préoccupation de suivre, dans cette région tourmentée, presque exactement le tracé du canal de l'Eider. Celui-ci, en effet, épouse soigneusement toutes les dépressions du sol ; on réalise donc, en le suivant, le minimum de déblai. Mais cet avantage économique perd de son importance, quand on le met en parallèle avec les difficultés que des courbes trop raides présentent à la grande navigation.

Profil en travers. — Le plafond, dans les alignements droits, a une largeur de 22 *m*. Dans les parties en courbe, on a augmenté cette largeur de 10 *m* pour les courbes de 1 000 *m* de rayon, soit 32 *m*. Mais à partir de celles de 2 600 *m* de rayon, il n'y a plus d'élargissement. Ce sont là des dispositions manifestement insuffisantes. On s'en apercevra dès le début de l'exploitation. Le canal de Suez a servi de modèle, on s'en aperçoit à plus d'un trait, aux ingénieurs du canal allemand. Ils lui ont, entre autres, emprunté

cette largeur de 22 *m* au plafond, qui n'est d'ailleurs justifiée par aucune considération, soit théorique, soit pratique. Pourquoi n'ont-ils pas, comme l'expérience a obligé de le faire en Égypte, adopté comme minima des rayons de 2 500 *m* à 3 000 *m* en doublant, en outre, la largeur du plafond dans les parties en courbe ?

La profondeur est calculée pour assurer 0,50 *m* d'eau sous la quille aux navires tels que les grands cuirassés qui ont 8,50 *m* de tirant d'eau. C'est, dans ce cas, moins que le strict indispensable. Les talus sont à des inclinaisons variant de 2 1 à 3 1. Il en résulte une section variant de 400 à 480 *m*². C'est plus que dans les autres canaux maritimes aujourd'hui existants, ainsi qu'on le voit dans le tableau ci-dessous :

	LONGUEUR au PLAFOND	MOUILLAGE	INCLINAISON des TALUS	SECTION MOUILLÉE	RAPPORT [illegible]
Canal de la Baltique	22	9 à 9,80	3 1 à 2 1	400 à 480	5,13 à 6,16
Suez.. primitivement	22	»	3 1 à 2 1	304 à 370	3,[illegible] à 4,74
Suez.. après élargissement	37	8,75	3 1 à 2 1	472	6,02
Ymuiden	20 à 32	7,70	2 1	370 à 396	4,74
Manchester	30,50	7,93	2 1	336	4,18
Corinthe	22	8	larg. au plan d'eau 23,00	188	2,41

Le rapport des sections est donc satisfaisant dans le canal allemand, si on le compare à celui des autres canaux maritimes. Mais c'est tout ce qu'on en peut dire. D'une manière générale, il résulte des trop rares expériences faites, que l'étroitesse des sections des canaux a pour conséquence un accroissement notable de la résistance au mouvement des navires. On a constaté dans le canal de Suez, notamment avec le paquebot des Messageries Maritimes l'*Ormeez*, qu'avec un rapport des sections voisin de 5, la vitesse était réduite de moitié. Mais cet effet n'est pas seul. L'eau déplacée par le navire revient en arrière avec une vitesse d'autant plus grande que la section restée libre est plus étroite, et il en résulte une érosion des berges et du fond qu'on n'est pas parvenu jusqu'ici à empêcher, ni même à atténuer sensiblement. A cet égard, le canal de la Baltique à la mer du Nord parait fort insuffisamment défendu. Les terrains dans lesquels il est creusé consistent généralement en sable ou en vase tourbeuse de peu de consistance. Outre les courants dus au déplacement des navires, les dénivellations des deux mers en produiront

d'autres non moins violents. Cependant on s'est borné à employer pour la défense des rives des procédés de revêtements qui diffèrent peu de ceux en usage un peu partout.

Ce sont d'abord des enrochements à sec, de 0,30 *m* d'épaisseur, formés soit de pierres, soit de briques cassées; arrimés quand on l'a pu, sinon jetés à pierres perdues : là où ces matériaux faisaient défaut, on a employé des plaques de béton, dans lesquelles le ciment entre pour 1/6 en volume, ce qui constitue certainement un mortier fort maigre et peu résistant — étant donné surtout l'usage auquel il est destiné. Le trait caractéristique de tous ces types de défense c'est qu'ils ont leurs pieds sur une berme de 2,50 *m* à 9 *m* de large, selon la nature du sol, située à 2 *m* environ au-dessous du plan d'eau normal. Cette disposition serait suffisante s'il n'y avait que les lames de la surface à redouter; mais les courants agissent dans toute la hauteur du canal, et exercent sur les parties inférieures non protégées une action rapidement destructive. Il faudra ou consentir à cette destruction du profil, et à l'enlèvement des déblais qui encombreront le plafond au détriment de la profondeur, ou se résigner à faire, comme dans l'Érié. un revêtement maçonné, s'étendant depuis le pied du talus jusqu'à 1 *m* environ au-dessus du plan d'eau. C'est là le seul procédé qui assure la fixité des rives, quand le rapport de la section immergée du navire à celle du canal est aussi resserré que dans les canaux maritimes aujourd'hui existants.

Terrassements. — Le cube total était d'après les premières évaluations, de 77 millions de mètres cubes. On estime aujourd'hui qu'il dépassera 80 millions de mètres cubes, peut-être 82. Ce déblai consiste en terres compactes argilo-sableuses dans la partie orientale, en sables dans la région médiane, en vases et terrains tourbeux dans la partie occidentale, depuis Grünenthal, jusqu'à Brunsbüttel. Les procédés de terrassement ont été cependant les mêmes à peu près que partout. — Les parties au-dessus de l'eau ont été faites à l'excavateur, les parties au-dessous sont enlevées à la drague — et dans le maniement de ces deux outils, le personnel a déployé une grande habileté. Les déblais des excavateurs étaient mis en wagon, enlevés à la locomotive et transportés à des distances qui ont atteint 25 et même 30 *km*; — quatre locomotives étaient, dans ces cas, nécessaires au service d'un excavateur.

Les dragues étaient pour la plupart des dragues à godets ; les unes étaient de construction allemande, identiquement semblables aux dragues du Weser ; les autres avaient été fournies par des constructeurs hollandais. Le plus grand nombre déversait en chalands et en porteurs, dont le déchargement s'effectuait au moyen d'appareils élévateurs analogues à ceux employés par M. Hersent et ses disciples dans des travaux antérieurs. Quelques dragues, cependant, refoulent leurs déblais au moyen de longues conduites flottantes qui vont les déverser sur berges, quelquefois à 600 *m* et au delà ; ce procédé est également employé pour répartir sur le sol les déblais extraits des chalands par les élévateurs. On a pu ainsi améliorer et mettre en valeur une assez grande superficie de terrains marécageux.

Le matériel employé est fort considérable ; on y comptait, il y a quelques mois :

27 excavateurs ; 97 locomotives ; 2930 wagons ; 64 dragues ; 75 remorqueurs ; 6 élévateurs ;

Et un nombre considérable de chalands

Du côté de la Baltique, la plus grande partie des déblais a été jetée à la mer. Cependant une partie en a été utilisée à construire un ouvrage qui a, tout au moins, le mérite de la singularité.

A 15 *km* de Holtenau, le tracé du canal pénètre dans le lac Flemshude, qui est destiné à devenir l'un de ses garages les plus importants et les plus nécessaires. La profondeur de ce lac est fort grande, mais son niveau actuel est de 7 *m* plus élevé que le plan d'eau du canal. Mis en communication avec le canal, le Flemshude devait donc baisser de 7 *m*, ce qui eût provoqué le drainage de tous les terrains environnants et leur stérilisation.

On a paré à ce danger en isolant, au moyen d'une puissante digue en sable et terre argileuse, la partie du lac destinée à rester en communication avec le canal.

Sur le pourtour extérieur de cet ouvrage, on a établi un large fossé placé au niveau des terres environnantes et alimenté par une puissante dérivation de la rivière l'Eider. Après avoir, extérieurement baigné le pied de la digue, ces eaux se jettent dans le canal par une chute de 7 *m*. Le canal d'irrigation est ainsi suspendu en quelque sorte à 7 *m* au-dessus du canal maritime. C'est une hardiesse qui n'était peut être pas indispensable et dont la témérité ne peut être rachetée que par le soin extrême apporté à l'exécution de l'ouvrage.

Vers la partie occidentale, il a été fait un autre usage des dé-

blais de sable provenant de la grande tranchée de Grünenthal, dont le point le plus haut est à 44 *m* au-dessus du niveau du canal. Le déblai à y faire s'élevait à 15 millions de mètres cubes, qui ont été extraits en moins de trois ans, ce qui est certainement une rapidité remarquable.

Or, la partie ouest du canal, presqu'à partir du pied du Grünenthal, jusqu'à Brunsbüttel, est tracée dans des terrains bas, inconsistants, asséchant à marée basse, et constitués d'une sorte de bouillie vaseuse, mélangée à une tourbe légère. La fluidité de cette matière était telle que les dragues ne parvenaient pas à laisser trace durable de leur passage. On profita alors des sables du Grünenthal pour former des deux côtés de ce qui devait être la cunette du canal des digues consistantes. Sur une sorte de passerelle légère, construite sur pilotis, on avançait d'abord des wagonets d'un demi-mètre cube, dont le déblai constituait une première couche superficielle, qui donnait au terrain un commencement de consistance et affermissait la fiche des pilotis. On accroissait progressivement les dimensions des wagons, et on continuait à déverser au même point, tant que la masse sableuse continuait à enfoncer en refoulant latéralement le sol du marécage. L'apport prenait enfin une position d'équilibre, quelquefois après être descendu jusqu'à 27 *m* et avoir consommé 1 000 m^3 de sable par mètre courant. La figure 4 et la figure 5 montrent la forme ovoïde qu'affectait alors le massif. Lorsque les digues protectrices furent ainsi constituées des deux côtés, on dragua le canal entre elles deux. Il ne s'est produit pendant ce travail aucun glissement des masses sableuses. Ce fait prouve que la poussée de ce sol marécageux n'était pas sensiblement différente de celle de l'eau. Ce travail important a été exécuté, il faut le dire, avec une minutieuse précaution, dont le succès est la juste récompense.

Écluses. — Les Ingénieurs du canal allemand se sont trouvés dans l'obligation de résoudre un problème fort délicat et complexe qui ne s'était pas présenté ailleurs.

Dans l'estuaire de l'Elbe, les hautes marées des syzygies s'élèvent à + 5,10 *m* au-dessus du niveau moyen; les basses mers descendent à — 3,39 *m* au-dessous, soit une dénivellation maxima de 8,40 *m*. L'écart en morte-eau est encore de 2,79 *m*.

A l'autre extrémité du canal, dans la baie de Kiel, il n'y a pas de marée sensible. Mais le vent a sur le niveau des eaux une

influence considérable, inverse, d'ailleurs, de celle qu'il exerce sur la Baltique.

Le vent d'est, qui chasse, pour ainsi dire, les eaux vers les détroits, fait baisser le niveau de la Baltique: il refoule au contraire, en quelque sorte, celles renfermées dans la baie de Kiel, et l'élévation du niveau peut dans ce cas, au droit d'Holtenau, dépasser de 2,71 *m* le niveau moyen. Le vent d'ouest produit des effets opposés : il fait gonfler la Baltique et baisser le niveau de la baie de Kiel quelquefois jusqu'a 2,55 *m* au-dessous de la moyenne.

Ainsi, en cas de coincidence du niveau maximum à une extrémité avec le niveau le plus bas à l'autre, il se produit une dénivellation de 7,65 *m*, d'où, si ces deux extrémites étaient en libre communication, un courant également nuisible aux berges du canal et à la navigation.

Frappés de cette considération, les Ingenieurs allemands ont conclu a la nécessité d'interrompre la communication au moment ou se produirait une différence de niveau un peu sensible entre les extrémités. On a été ainsi amené à la construction de deux écluses terminales, l'une à Holtenau, l'autre à Brunsbuttel. Il semble qu'on pourrait se proposer de les tenir ouvertes tant que la différence de niveau sera peu sensible, ce qui se réalisera la plupart du temps. Mais l'écluse de Brunsbuttel devra rester fermée chaque jour pendant toute la durée du flot. Les eaux de l'Elbe sont, en effet, extrémement chargées de sediments, et, en penétrant dans le canal, elles y formeraient des envasements considerables, d'un enlevement onéreux. La sujetion des ecluses sera donc d'une certaine importance pour la navigation : elle ralentit la rapidité du passage et diminue la faculte de debit du canal. Elle offre, par contre, un moyen de préserver les berges de l'erosion des courants de marée. Mais celle qui résultera du deplacement des navires sera plus active et plus energique encore.

Quoi qu'il en soit, les ecluses etant décidees, les Ingenieurs allemands les ont construites en imitant les types les plus nouveaux. Elles auront 25 *m* de large et 150 *m* de longueur utile, ce qui est relativement peu. Elles sont à deux sas accoles munis de portes intermediaires. Elles reposent sur des massifs en beton d'une épaisseur de 3,50 *m*, reduite a 2,50 *m* sous les sas. Les radiers ont 0,93 *m* d'epaisseur et sont en pierre de taille. Les buses et les parements d'entree sont également en pierre. Les bajoyers sont en briques. Les aqueducs sont commandes par des vannes

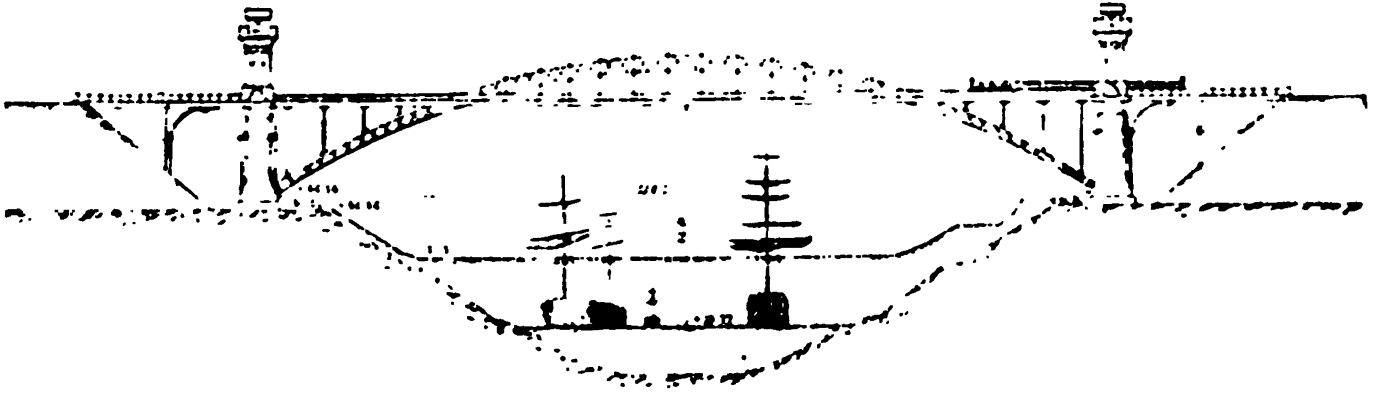
cylindriques, d'un modèle qui rappelle, autant que le dessin permet d'en juger, la vanne cylindrique Fontaine. Tous les appareils sont mus par l'eau sous pression.

Les fondations se sont faites sans difficulté dans des enceintes en pieux jointifs. Ce procédé primitif a bien réussi à Holtenau, où, contre toute espérance, on a pu, au moyen d'épuisements d'une importance relativement faible, tenir la fouille à sec.

Il n'en fut pas de même dans l'Elbe; les pompes furent impuissantes à faire descendre de plus de 4 *m* le niveau de l'eau dans l'enceinte. Dans ces conditions, il semble que l'emploi de l'air comprimé s'imposait, d'autant que la nature du sol contraignait à descendre la fondation à une profondeur de 20 *m*. Ce ne fut pas, cependant, le procédé employé : on excava à la drague jusqu'à la profondeur voulue et on coula le béton sous l'eau. Ingénieurs et entrepreneurs ont fait, dans l'exécution de ce travail singulièrement difficile et scabreux, une grande dépense d'ingéniosité et de talent; mais il restera toujours un doute sur la qualité du béton, surtout si l'on songe qu'il s'agissait d'un massif de 75 000 m^3.

Comme détail, il convient de citer que ce béton est à base de trass d'Andernach et non pas de ciment. Il est difficile de s'expliquer les motifs de cette préférence rétrograde; et le manque d'homogénéité si fréquent du trass, la variabilité de ses qualités de prise s'ajoutent à ce que nous avons dit du mode de construction pour autoriser une prudente réserve dans l'appréciation de ces ouvrages.

Ponts. — Les ponts qui rétablissent les communications interceptées par le canal de la Baltique à la mer du Nord sont au nombre de 5 seulement, ce qui est certainement très peu sur une étendue de près de 100 *km*, et ne sera pas sans imposer d'assez lourdes sujétions aux riverains. Deux de ces ponts sont fixes; celui de Grünenthal, qui est le plus important, donne passage au chemin de fer de l'Ouest-Holstein et à deux grandes routes. Il est en arc sur rotules, ressemblant assez au viaduc de Garabit, avec cette différence que la poutre droite, au lieu d'être sur le sommet de l'axe, le traverse au quart supérieur de la hauteur et y est rattachée par des tirants verticaux. La portée de l'arc est de 156,50 *m*; le tablier est à 42 *m* au-dessus du plan d'eau, hauteur nécessaire à la mâture la plus élevée des grands navires de la flotte allemande, plus exigeants en cela que ceux de Manchester qui se contentent d'une hauteur libre de 22,88 *m*. A quelque dis-



PONT FIXE DE GRÜNENTHAL

SUR LE CANAL DE LA BALTIQUE A LA MER DU NORD

tance de Holtenau, la route de Kiel à Erkenforde passe sur un pont du même genre. Pour les trois autres ponts, dont deux sont des ponts à la fois de chemins de fer et de routes, on n'a pas craint de s'arrêter à la solution d'une travée de 36 *m*, tournant autour d'un axe vertical. Quoiqu'il en existe des exemples, dans des pays comme la Belgique et les Pays-Bas, cette disposition n'en offre pas moins un danger réel. On sait qu'elle a été écartée d'une façon absolue au canal de Manchester. On peut se demander encore si un pont mobile est bien de mise sur un canal où on prévoit une circulation annuelle de 14 000 navires. C'est une moyenne de 38 navires par jour, soit quotidiennement 38 ouvertures du pont. Il restera bien peu de temps pour le passage des wagons et des charrettes.

Le trafic probable est estimé devoir être de 14 000 navires de toute dimension, représentant entre 9 et 10 millions de tonnes. L'estimation ne paraît pas exagérée, puisqu'elle ne dépasse pas sensiblement les 2/3 du tonnage qui double actuellement le cap Skagen. Le droit de passage n'est pas encore fixé d'une façon définitive. La Chancellerie impériale aurait le projet, dit-on, de le porter à 75 pfennigs par tonne nette, soit 0,94 *f* de notre monnaie. Ce ne serait qu'un revenu de 6 à 7 millions de marks (7 200 000 *f* à 8 400 000 *f*), et nous en avons assez dit pour faire pressentir que les frais d'entretien, ceux prévus et surtout ceux qu'on ne semble pas prévoir, seront fort élevés. Il resterait fort peu de chose pour la rémunération du capital. D'autre part, il faut que la taxe demandée aux navires soit en proportion de l'utilité qu'aura pour eux la nouvelle voie. Or, aujourd'hui un steamer va des bouches de l'Elbe à Kiel, par le cap Skagen et les détroits, en trente-six heures. On calcule que par le canal la durée du trajet sera de quinze à dix-huit heures. C'est donc un gain de vingt et une à dix-huit heures de navigation que réalisera la nouvelle voie. C'est déjà beaucoup pour un navire de 2 000 *t* de payer 1 500 marks ce faible avantage. Il faut, il est vrai, y ajouter l'accroissement de sécurité qui se traduira certainement par une diminution de la prime d'assurance, la suppression des droits de phares et de pilotage spécialement onéreux dans cette dangereuse navigation. Mais, tout compte fait, le chiffre de 75 pfennigs paraît un maximum qu'il y aura peut-être intérêt à ne pas atteindre.

Toutefois, cette considération du revenu n'est que secondaire

aux yeux du gouvernement allemand. Les capitaux employés dans la construction du canal n'ont pas été apportés par des particuliers désireux de les faire fructifier. Ce sont des dépenses fédérales faites sans esprit de gain, dans un but d'intérêt national. Cet intérêt, on le connaît : sans doute, on a pensé, en faisant le canal, à ouvrir l'accès de la Baltique au commerce de Hambourg et à l'industrie rhénane, spécialement aux charbons de la Rhür que le canal de l'Ems amènera économiquement dans l'embouchure de l'Elbe. Mais la préoccupation dominante du gouvernement impérial est nettement indiquée dans les paroles prononcées à l'inauguration des travaux par l'empereur Guillaume Ier : « Pour l'honneur de l'Allemagne, a-t-il dit, pour le bien de l'Empire, pour sa grandeur et sa force. » On considère, en effet, qu'ouvrir entre les deux arsenaux de l'Empire une voie directe à l'abri des canons de Copenhague, c'est doubler la force de la marine allemande. On ne voit cependant pas trop dans quelle éventualité d'hostilité l'Allemagne pourrait dégarnir une de ses deux côtes. Il lui faudrait, dans le cas d'une guerre maritime, s'assurer d'abord, c'était l'opinion du vieux Molkte, qu'elle n'aurait rien à craindre du côté du Danemark, et l'on comprend ce que cela veut dire dans une bouche germanique. Et alors, l'Allemagne maîtresse du Danemark, ou tout au moins sûre de ne pas être attaquée par lui, l'importance stratégique du canal diminue sensiblement. Aussi le feldmaréchal de Molkte eût-il préféré voir consacrer au développement de la flotte militaire les sommes destinées à ouvrir la nouvelle voie.

On a usé, dans d'autres cas, de ces considérations prétendues stratégiques, et on a voulu, à l'abri de la préoccupation plus ou moins bien entendue de la défense nationale, faire passer des projets certes plus critiquables que le canal allemand. Il est convenable de ne toucher à ce côté des questions qu'avec beaucoup de réserve, et en tenant compte de tout ce qu'il a d'hypothétique. Au surplus, en ce qui concerne le canal de la Baltique à la mer du Nord, la plus grande sécurité qu'il offre à la navigation suffirait à elle seule à justifier son exécution.

NOTES

DE

NOS CORRESPONDANTS DE PROVINCE ET DE L'ÉTRANGER

PROJET DE TRANSPORT

DE

10 960 ET DE 34 000 CHEVAUX DE FORCE A MILAN*

PAR

M. Enrico CARLI

Analyse par M. FEDERMAN, membre correspondant de la Société à Turin.

Transport de l'énergie électrique à Milan.

L'Italie, si riche en gîtes métallifères, s'est vu refuser par la nature le combustible minéral qui aurait tant contribué à développer l'industrie minière de ce pays. En effet, combien de mines, lesquelles auraient pu être exploitées avec profit, si la houille se fût trouvée sur place, ont dû être abandonnées, parce que le charbon entraînait à des frais trop considérables lorsqu'il s'agissait du traitement métallurgique. Bien d'autres industries qu'il serait trop long d'énumérer n'ont pu prendre leur essor pour la même raison.

Cependant, la nature semble avoir suppléé à l'absence du combustible par la disposition orographique de cette contrée. L'art hydraulique a su profiter déjà très largement de ces chutes abondantes, lorsqu'il s'agissait d'établir des industries locales ayant besoin de force motrice ; mais toutes celles qui s'en trouvaient éloignées se trouvaient tributaires de l'étranger pour alimenter les

(*) L'ouvrage complet avec les planches se trouve à la bibliothèque de la Société sous les nos 33470, 33471 et 33476.

chaudières à vapeur, avec des frais de transport qui doublaient le prix du charbon.

La découverte faite par notre collègue, M. Fontaine, en 1873, de la transmission de l'énergie et ses applications à grande distance, toujours perfectionnées depuis vingt ans, ont ouvert un champ à l'imagination des Ingénieurs italiens pour profiter des grandes forces hydrauliques, jusqu'à présent improductives, et les transmettre aux centres industriels. Il y a quelques années, des essais etaient faits entre le Gorzente et Gênes ; l'année dernière, on transportait 2 300 *chx* effectifs sur 23 *km* entre Tivoli et Rome. Plus récemment, M. l'Ingénieur Enrico Carli présentait au Conseil supérieur des Travaux publics d'Italie deux importants projets de transport électrique qui ont été approuvés. Le but de ces projets est de substituer la force hydraulique à celle de la vapeur et de la transporter dans les différents centres industriels de la Lombardie qui emploient annuellement plus de 25 000 *chx*. En comptant que le charbon revient en moyenne à 40 *f* la tonne, le prix du cheval-vapeur, en y comprenant tous les frais, coûte entre 250 et 1 000 *f* par an, suivant les installations. Il résulte de calculs établis, en laissant une large part aux imprévus et aux frais généraux, que la force électrique pourra offrir une économie de 150 à 200 *f* par cheval, soit pour toute l'industrie locale une différence en moins de dépenses de plus de 2 millions de francs.

Les deux projets de M. l'Ingénieur Carli sont : l'un pour le transport de 10 960 *chx* pris dans la rivière Adda, l'autre de 34 000 *chx* pris dans le Tessin.

1° Transport de 10 960 chevaux de force hydraulique.

Grâce à l'obligeance de M. l'Ingénieur Enrico Carli, qui a bien voulu me communiquer son rapport, avec dessins à l'appui, sur le projet des 10 960 *chx* à transporter a Milan, je viens en donner quelques extraits à la Société des Ingénieurs Civils de France, en même temps que je lui adresse les brochures qui pourront être consultées par les intéressés.

La force motrice se développe en un site très propice, près Porto d'Adda, sous les rapides de Paderno, à la sortie de l'Adda du lac de Come, à 31 *km* de Milan. L'auteur du projet devait, avant tout, ne point entraver la navigation de la rivière. Selon les règlements en vigueur, le niveau limite de navigation, avant et après les crues de l'Adda, est fixé à 1,80 *m* au-dessus du zéro

de l'hydromètre de Paderno, dont l'ordonnée est de 180,85 *m*, ce qui équivaut à 180,85 + 1,80 = 182,65.

Il s'agissait donc d'étudier et de prédisposer les ouvrages, afin de maintenir le niveau de l'eau dans le bassin de dérivation à l'ordonnée de 182,65 en tous les états de la rivière qui, dans les conditions présentes, donne une lecture hydrométrique inférieure à 1,80 et ne pas modifier le régime actuel de la rivière en tous les états d'eau supérieurs à 1,80. M. Carli a obtenu ce résultat en aplanissant à une hauteur opportune la crête d'une digue déjà existante et en y appliquant une *écluse mobile*, système Poirée, constituée de chevalets tournants et passerelle à pièces déliées en fer et lattes verticales en bois de dimensions suffisantes pour maintenir pendant les basses eaux le niveau à l'ordonnée de 182,65 et pour offrir au passage des crues une section équivalente à la section actuelle. Cette écluse sera relevée complètement pendant la période des plus basses eaux, complètement abaissée quand le niveau de la rivière est normal ou plus haut, et partiellement relevée dans les états d'eau intermédiaires.

Pour réduire en de justes limites la longueur et la hauteur de l'écluse, atteignant en même temps l'équivalence des sections fluides des crues — afin de faciliter la régularisation du niveau dans les états de la rivière inférieurs au niveau normal, — et surtout pour maintenir propre le lit de la rivière devant la prise d'eau, on construira sur le côté de la digue une *décharge externe* comprenant trois bouches avec seuils déprimés de 3,50 *m* au-dessous du niveau normal et une quatrième bouche avec seuil déprimé de 3 *m* seulement.

Par une construction opportune, à partir de la prise d'eau et lui assignant une pente suffisante, il est clair que l'on pourra dériver et y laisser couler l'entière portée des basses eaux, qui est de 33 m^3 par seconde. Ce canal, appelé par l'auteur du projet *Canal dérivateur* servira à la navigation et à la force motrice.

En déduisant ce qui est nécessaire à la navigation, il restera 30 m^3 par seconde disponibles.

Ces 30 m^3 seront captés dans un *bassin de prise*, vasque rectangulaire couverte de voûte murale, dans la paroi de laquelle, opposée à la bouche de prise, prendra naissance le *canal d'admission* qui sera construit entièrement en galerie.

Cette galerie, d'une longueur de 2 232,45 *m*, sera divisée en deux points d'attaque, de telle sorte que l'on peut calculer avec certitude un achèvement en quatorze ou seize mois. Et

comme les autres ouvrages du canal seront exécutés en grande partie pendant la même période, il est certain que vingt mois suffiront à l'acomplissement du projet tout entier.

La galerie aura une section circulaire d'un diamètre net de 1,50; elle fonctionnera comme une conduite forcée, ayant un vantail à son entrée de 0,30 et un autre de même dimension à sa sortie, ce qui lui donnera une pression partout égale.

Cette galerie débouchera dans une espèce de vasque appelée *bassin d'admission*, dans lequel seront ouvertes des bouches de distribution auxquelles feront suite les tuyaux en tôle de fer portant l'eau en pression aux turbines. Dans ce même bassin s'ouvriront également des bouches d'un ouvrage spécial, appelées *effleureurs déchargeurs*, destinées à laisser échapper dans le canal de décharge des moteurs l'eau excédant la distribution aux turbines et, au besoin, toute l'eau du canal. Ces effleureurs déchargeurs donnent sur une série de sauts en maçonnerie, lesquels en guise d'escalier descendent du bassin d'admission à celui de décharge. Enfin, de l'extrémité de la galerie part un tuyau en fonte, du diamètre de 0,80 *m*, muni de herses qui va déboucher inférieurement au troisième saut de l'effleureur déchargeur et constitue le *déchargeur du fond*.

Nous avons dit que le débit de la prise d'eau était de 30 m^3, qui, parcourant une pente de 27,40 *m*, donneront:

$$\frac{30\,000 \times 27{,}40}{75} = 10\,963 \text{ } ch.x.$$

Le bâtiment des moteurs sera disposé pour l'installation de cinq groupes de turbines et dynamos montés chacun sur un même arbre vertical. Quatre de ces groupes pourront être actionnés à la fois; le cinquième servira de réserve. Or, chacune de ces turbines, en comptant sur un rendement de 75 0 0, devra développer 2 055 *ch.x*, soit au total une force effective de 8 220 *ch.x*.

Les frais auxquels entraine le present projet se résument dans les chiffres suivants :

1. Expropriations et indemnités. . . .	210 000 *f*
2. Travaux de dérivation (moins l'installation mécanique)	105 000
3. Canal de dérivation et prise d'eau. .	95 000
4. Galerie (canal d'admission).	1 120 000
A reporter. . . .	1 530 000 *f*

Report	1 530 000 *f*
5. Bassin d'admission et ouvrages inhérents	60 000
6. Bâtiments des moteurs, bassin de décharge, habitations du personnel et route carrossable allant à l'usine.	110 000
7. Travaux au canal de restitution et autre canal.	290 000
8. Imprévus et frais généraux à raison de 10 0/0, chiffres ronds.	210 000
Dépense totale	2 200 000 *f*

d'où il résulte que le cheval effectif ressort à $\frac{2\,200\,000}{8\,220} = 267{,}63\,f$ sur place, auxquels il y a lieu d'ajouter les machines, câbles, etc. pour le prix du cheval transporté.

2° Projet pour développer 34 000 chevaux hydrauliques.

L'eau qui s'écoule inutilement dans le Tessin, à sa sortie du lac Majeur, entre Sesto-Calende et le Naviglio-Grande, peut produire une force constante d'environ 40 000 *chx*, ce qui équivaut à un capital improductif jusqu'à présent de plus de 200 millions de francs.

La Société Italienne pour conduites d'eau s'est consacrée depuis plusieurs années à l'étude de la meilleure utilisation d'une aussi puissante énergie, afin de procurer la force motrice à bon marché aux nombreuses industries de cette zone, que l'on peut regarder comme la plus importante de l'Italie. MM. Enrico Carli, Ingénieur, et le commandeur Filonardi, Directeur de cette Société, ont été chargés par elle de cette étude et c'est grâce à leur obligeance que je puis faire part de leur projet à la Société des Ingénieurs Civils de France.

Il s'agit de prendre 65 m^3 d'eau par seconde avec une chute de 38 *m*, qui peuvent donner environ 34 000 *chx* dynamiques. L'énergie utile, rendue aux divers centres industriels, que l'on peut obtenir, en admettant un rendement de 75 0/0 pour les moteurs hydrauliques et 70 0/0 pour la transformation et le transport électriques, est de 18 400 *chx* effectifs environ.

Sans nous arrêter aux considérations techniques du projet, très

savamment élaboré, sur les travaux à exécuter pour la captation des eaux, sans nuire à la navigation, nous parlerons de la force motrice et des ouvrages pour l'utiliser.

Un réservoir ou *bassin d'admission*, très large pour que l'eau y ait le moins de vitesse possible, a une action fluide de $30\,m \cdot 3\,m$, c'est-à-dire de $90\ m^3$. La vitesse y est donc de $\frac{65}{90}$ $0{,}72\,m$.

Sur le côté de ce réservoir sont huit orifices pour la prise d'eau des moteurs. Chaque orifice a $4\ m$ de large avec seuil à $2{,}50\ m$ au-dessous du niveau normal, ce qui donne une aire de $4m \cdot 2{,}50 = 10\,m$.

Des huit moteurs que contiendra le bâtiment des machines, sept seulement seront constamment en activité, le huitième servira de réserve, afin de rendre possible la manutention ordinaire et extraordinaire des moteurs. De telle sorte que chaque moteur devra absorber $\frac{65\ m^3}{7}$ $9{,}286\ m^3$.

La vitesse au passage par l'orifice de prise d'eau qui en résulte est donc $\frac{9{,}286\ m^3}{10\ m}$ $0{,}93$. De cet orifice l'eau passe dans une chambre large de $4\ m$, terminée par une paroi verticale. Au bas de cette chambre est ouvert un trou circulaire, auquel fait suite un conduit mural qui se replie en courbe, puis un tuyau en tôle de fer descend vers sa turbine respective. Le diamètre du conduit et du tuyau est de 2,20; l'aire liquide a 3,80, la vitesse moyenne se trouve être $\frac{9{,}280}{3{,}80} = 2{,}45\ m$.

Chaque orifice de prise est muni de deux coulisses dans lesquelles on peut, au besoin, faire glisser une grande cloison, garnie de caoutchouc, à l'épreuve de l'eau. Cette cloison doit servir au cas où il serait nécessaire de mettre à sec la chambre de prise pour l'inspecter et la réparer, ou faire les mêmes opérations soit au tuyau, soit à la turbine. La même cloison sert pour tous les huit orifices, étant mobile avec son treuil de manœuvre sur deux rails placés sur deux parapets longitudinaux.

Au pourtour du trou circulaire ouvert dans la platée de la chambre de prise est appliqué un fort cercle de fonte tournée, à surface tronçonique, servant de siège à une grande soupape cylindrique en tôle de fer du diamètre de $2{,}30\,m$ et de la hauteur de $3{,}50\ m$, dont la manœuvre est facilitée au moyen d'un contre-poids.

En pratique, il pourra se produire des cas où il faudra arrêter

une ou plusieurs turbines et même quelquefois les arrêter toutes à la fois. Pour cela on a imaginé un grand *effleureur déchargeur* à l'extrémité du bassin d'admission, par lequel la quantité constante de 65 m^3 s'écoulera avec la plus grande rapidité.

Cet *effleureur déchargeur* comprend quinze orifices d'une largeur de 2,40 *m*, séparés par des piliers de 0,40 *m*, sur lesquels sont jetées des arches ayant l'imposte de 0,60 *m* au-dessus du niveau normal de l'eau. Ces arches soutiennent la passerelle destinée aux manœuvres des mécanismes.

La platée de cet ouvrage entre une pile et l'autre, et à 2,50 *m* en avant de celles-ci, est horizontale à 1,20 *m* au-dessous du niveau normal. Entre chaque pile sont construits des murs à plan cylindrique, dont la surface convexe est tournée vers l'eau et la sommité, couverte en pierre de taille, se trouve précisément au niveau de l'eau. La longueur de ce seuil, attendu sa courbure, est de 2,43 *m*. Devant et au milieu de chaque orifice est ouvert un trou circulaire de 1,20 *m* dans la platée. Son bord est armé d'un cercle en fonte tournée à surface tronçonique, qui sert de siège à une soupape cylindrique en tôle du même diamètre et s'élevant à 1,20 *m* au-dessus de la platée. La lèvre supérieure de cette soupape, arrondie par un repli de la tôle, ayant une longueur développée minima de 3,77 *m*, se trouvera ainsi à la surface même de l'eau et constitue, elle aussi, un seuil effleurant. Chaque orifice et sa soupape donnent ensemble $2,43 + 3,77 = 6,20$ *m* de seuil effleurant.

Avec ces quinze orifices et leurs soupapes, on a un développement total de seuil affleurant de $6,20 \times 15 = 93$ *m*, ce qui suffit à décharger le volume entier de 65 m^3 avec une lame d'eau de 0,55 *m*. Et comme le flanc des levées sur le niveau normal est de 0,60 *m*, il est clair que l'*effleureur déchargeur* répond à tous les besoins même dans l'hypothèse la plus défavorable. Et cette hypothèse est impossible en pratique, parce les soupapes peuvent être ouvertes instantanément au moyen d'un contrepoids et d'un simple mécanisme. Or, il ne pourra jamais se faire que le niveau s'élève à 0,55 *m* au-dessus de la surface normale de l'eau, car pendant que l'on fermera les orifices des turbines, on ouvrira les soupapes de l'*effleureur déchargeur*.

Lorsque tous les orifices circulaires horizontaux sont ouverts les 65 m^3 se déchargent, 55 m^3 par ces mêmes orifices et 10 m^3 par les seuils arqués avec une surélévation de niveau de 0,30 *m*.

Pour compléter la description de l'*effleureur déchargeur* nous di-

rons qu'en aval des orifices, il y a une série de gradins descendant au fond du bassin de décharge des moteurs. L'eau, après avoir traversé les orifices, se rassemble sur le palier du premier gradin, d'où elle descend en cascade. Ces gradins sont construits d'une façon très ingenieuse. A l'extrémité de chaque palier s'élève un mur formant parapet d'une hauteur de 0,55 *m* au-dessus de celui-ci. A sa base le parapet est percé de trous pour l'écoulement des eaux lorsqu'elles sont en petite quantité, ce qui permet de laisser à découvert l'ouvrage entier. Mais quand la quantité d'eau est considérable, elle s'élève au-dessus du palier de chaque gradin jusqu'à ce qu'elle se précipite par dessus les parapets qui deviennent autant de cascades. La longueur de ces cascades résulte comme suit :

15 orifices de 2,40 *m*	36,00 *m*
14 piles intermédiaires de 0,40 . . .	5,60
2 saillies aux épaulements, de 0,40 *m*.	0,80
TOTAL . . .	42,40 *m*

Or, il suffit d'une lame d'eau de 0,95 *m* pour décharger tout le volume de la force motrice ; en appliquant la formule Bresse-Cipoletti, on a :

$$0{,}97\,\frac{1}{\sqrt{3}}\cdot\frac{2}{3}\cdot 42{,}40\cdot(0{,}95)^{\frac{3}{2}}\cdot\sqrt{2g}\cdot 0{,}95 \quad 65{,}17\,m^3$$

En faisant les sauts de 2 *m* de haut, on peut adopter des épaisseurs non exagérées pour la maçonnerie et une structure assez simple pour l'œuvre, tout en lui assurant la plus grande stabilité que l'on puisse désirer en pratique pour ce genre de construction d'autant plus que sur chaque palier on aura un coussin d'eau de 0,55 + 0,95 = 1,50 *m*, lequel servira parfaitement à amortir le choc de la lame d'eau de 0,95 *m* tombant de 2 *m*.

Cet ouvrage est, croyons-nous, une nouveauté en son genre et les principes sur lesquels il repose, ainsi que sa structure sont aussi simples que le meilleur effet ne peut manquer en pratique. Il faut en savoir gré à leurs auteurs, MM. E. Carli et le commandeur Filonardi.

Les dépenses préventives pour l'établissement de cette importante usine s'élèvent à . . . . . 5 955 900 *f.*

Etudes et imprévus	544 100
Intérêts pendant la construction .	400 000
TOTAL	6 900 000 *f.*

Ce total, divisé par le nombre de chevaux qui peuvent se développer, donne pour chaque cheval dynamique un prix coûtant de 205 francs, Nous ne pensons pas qu'il existe encore d'aussi puissantes forces hydrauliques créées à si bas prix.

D. Federman.

Membre correspondant de la Société à Turin.

DISCOURS

PRONONCÉS

AUX OBSÈQUES DE M. V. CONTAMIN

ANCIEN PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ

DISCOURS DE M. VAINET

Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Inspecteur en chef des Travaux et de la Surveillance à la Compagnie du Chemin de fer du Nord.

MESSIEURS,

C'est sous le coup de la plus poignante émotion que je viens ici, au nom de la Compagnie du Chemin de fer du Nord et en mon nom personnel, rendre hommage à la mémoire de Contamin.

Pauvre ami ! lorsqu'il nous quittait, il y a quelques mois, pour aller, malgré lui, prendre un repos forcé, nous espérions que sa robuste constitution triompherait des premières atteintes du mal et qu'il ne tarderait pas à venir reprendre sa place parmi nous avec un regain de vigueur et d'activité : mais l'illusion ne fut pas de longue durée ! Nous ne devions plus le revoir et aujourd'hui nous voici tous, famille, amis et collaborateurs réunis autour d'une tombe prématurément ouverte pour saluer d'un éternel adieu celui qui n'est plus.

Contamin était un modeste dans toute l'acception du mot : il aimait à s'effacer et s'il est parvenu à une haute situation dans le monde des chemins de fer, dans le milieu métallurgique et industriel, il le doit uniquement à ses qualités éminentes, à ses succès scientifiques et à sa grande pratique des constructions métalliques.

D'autres voix plus autorisées que la mienne vous diront ce qu'il fut à l'École centrale, ce qu'il fut à l'Exposition de 1889 et à la Société des Ingénieurs civils : moi, je vous rappellerai brièvement la partie la plus importante de sa carrière, ces trente années d'une vie d'honneur, de science et de dévouement, consacrées à la Compagnie du Nord.

Victor Contamin naquit à Paris, le 11 juin 1840, de parents dont la situation était des plus modestes.

Dès son jeune âge, il révèle ses aptitudes pour les sciences mécaniques et, après de brillantes études au collège Chaptal, il entre à l'École centrale en 1857, pour en sortir le second en 1860.

Il cherche alors sa voie : il construit quelques usines à gaz en Espagne ; puis, de retour en France, il entre à l'Assistance Publique, sous

la direction de Ser, pour s'occuper des questions de chauffage et d'aération.

Mais bientôt, ne trouvant plus le champ assez vaste pour ses aspirations, Contamin sollicite son admission au Chemin de fer du Nord et débute en 1863, sous la direction d'Alquié. Tout d'abord, simple dessinateur, il attire vite l'attention de ses supérieurs par l'étendue et la solidité de ses connaissances techniques et surtout par sa vive compréhension des questions si difficiles de résistance des matériaux.

Il remplit successivement, dans le Service du Matériel des voies, les fonctions d'Inspecteur, d'Ingénieur à partir de 1876, pour arriver enfin, en 1890, au grade d'Ingénieur principal.

La diversité des attributions de ce service si important cadre à merveille avec son esprit d'investigation et de recherches ; il ne perd jamais de vue le but utile à atteindre et, tout savant qu'il est, se garde bien de se laisser dévier par son goût pour la science pure : il sait que, dans les chemins de fer, la théorie et la pratique doivent toujours marcher de front.

C'est dans cet ordre d'idées qu'il étudie et préconise le rail d'acier 30 *kg* qui a si bien résisté, et résiste encore si bien, à une circulation des plus actives sur les lignes les plus fatiguées du Nord ; puis, lorsque l'augmentation, toujours croissante, du poids des machines parait exiger pour l'avenir le renforcement du rail, il se sépare de sa première création, non sans un souvenir reconnaissant, pour adopter le 45 *kg*.

Il perfectionne les appareils de voie, les plaques et ponts tournants, les chariots transbordeurs, les procédés méthodiques d'épuration des eaux d'alimentation des machines et, enfin, les systèmes d'enclenchements qui assurent, d'une façon si remarquable, la sécurité de l'exploitation.

Après l'étude, voici le rôle actif : il suit la fabrication de l'acier dans les principales usines de France et de Belgique ; il répand l'application des mesures d'essai et passe maître dans cette partie de la science métallurgique.

Plus tard, il comprend qu'à des rails en acier de longue durée, il faut des supports de longue durée également : il accueille avec empressement et installe dans la belle usine de Villiers-Cotterets le procédé de créosotage Blythe, qui, sans être plus coûteux que l'emploi des sels de cuivre, double la durée des traverses.

En ce qui concerne les constructions métalliques, Contamin s'attache à préciser certaines méthodes de calculs, et il a le grand mérite de prévoir l'avenir en faisant simple et lourd, système dans lequel l'excédent de poids est compensé par un prix moindre du métal, système dont de récents accidents ont démontré toute la justesse, au double point de vue de la résistance et de la conservation des ouvrages.

Il laisse malheureusement inachevé un travail considérable, relatif aux efforts exercés sur les pièces de pont par les charges en mouvement, étude du plus haut intérêt pour la vérification de résistance des tabliers métalliques sous l'action des surcharges accidentelles d'exploitation. C'est à cette œuvre qu'il consacra les loisirs de la retraite.

Entre temps et sur des sollicitations administratives, il s'acquitte avec plein succès de missions diverses très délicates ; et c'est même à la suite

d'une mission de ce genre, concernant l'ascenseur de l'hôtel des Postes, que M. Alphand, ce maître illustre qui savait si bien discerner le mérite, comprend la valeur de l'homme et n'hésite pas, le 1er août 1886, sans même le connaître personnellement, à lui proposer le poste si envié d'Ingénieur en chef du contrôle des constructions métalliques de l'Exposition de 1889. Contamin ne se dissimule pas la lourdeur de la tâche ; il accepte, moins par satisfaction d'amour-propre que par la patriotique ambition d'être utile à son pays, et aussi, me disait-il, parce qu'il ne se croyait pas en droit de refuser une offre qui était un grand honneur pour la Compagnie et l'École auxquelles il appartenait.

C'est alors, pendant trois années successives, un véritable travail à la vapeur : le succès dépasse toute prévision, et, chevalier de la Légion d'honneur depuis 1885, il reçoit en 1889 la juste récompense de ses services : la rosette d'officier.

Malheureusement, il avait trop abusé de ses forces : le tempérament le plus solide ne saurait résister à une tension d'esprit si énergique et si prolongée : Contamin s'éteint, avant l'âge, victime du devoir professionnel.

Et maintenant, Messieurs, que je vous ai énuméré les qualités de l'Ingénieur d'élite, laissez-moi vous dire quelques mots de l'homme privé.

Quelle nature loyale et généreuse ! Quelle affabilité pour tous ! Rien que son rire franc et bienveillant attirait instinctivement les cœurs à lui. Aussi ne comptait-il partout que de vrais amis. Il était tenu en haute estime et profonde affection par le Comité de direction de la Compagnie du Nord, qui, en l'admettant à la retraite, voulut le conserver comme Ingénieur-conseil du matériel des voies ; il était cher de ses collègues, pour lesquels il était plein de cordialité ; il était adoré de son personnel, dont il prenait les intérêts à cœur ; enfin, il était aimé des modestes travailleurs, dont il cherchait constamment à améliorer les conditions morales et matérielles.

Quant à moi, qui, pendant plus de dix ans, ai vécu à ses côtés et dans son intimité, je perds le meilleur des amis.

Puisse cette expression unanime des regrets apporter quelque adoucissement à la douleur de sa veuve et de sa famille qui l'entouraient de tant d'affection et qui se trouvent si cruellement frappées !

La terre va bientôt recouvrir tes dépouilles, Contamin ; mais ton Âme veille là-haut, et ici-bas ton souvenir restera parmi nous.

Adieu, Contamin ! Adieu, cher ami !

DISCOURS DE M. DE COMBEROUSSE

Président du Conseil de Perfectionnement de l'École Centrale.

C'est au nom des Conseils et de la Direction de l'École Centrale, que je viens rendre un dernier hommage à celui qui nous quitte aujourd'hui.

De la naissance à la mort, que la vie semble longue et qu'elle est courte !

Notre collègue et ami est né à Paris, mais il a passé son enfance à Vienne, en Autriche. Revenu en France, il est entré au collège Chaptal à l'âge de dix ans. C'est là que, bien jeune professeur, je le vis pour la première fois, avec sa mine souriante et un peu étonnée, son bon sourire d'enfant confiant. Il avait alors quinze ans, et le voilà endormi dans son dernier repos, à l'âge de cinquante-trois ans !

Tout le monde l'aimait : maîtres et camarades. Il travaillait sans relâche, toujours dans les premiers rangs, n'affichant d'autre prétention que celle de faire son devoir. A dix-sept ans, il était reçu à l'École Centrale et en sortait en 1860.

Il y avait déjà conquis une réputation et des amitiés précieuses, et l'on savait que l'École pouvait compter sur lui.

Il débuta à Barcelone dans l'industrie du gaz. Il entra ensuite, à Paris, dans le service de M. Ser, à l'Assistance publique. Enfin, en 1863, il commença au chemin de fer du Nord, sous M. Mantion, une brillante carrière que la mort seule devait interrompre, et dont M. Vainet vient de vous retracer les étapes successives avec une éloquence et une émotion communicatives.

Répétiteur de l'un des cours de mécanique appliquée à l'École Centrale, de 1865 à 1872, la mort tragique de M. de Mastaing l'appela, en 1873, à la chaire de résistance appliquée qu'il a conservée jusqu'en 1891, c'est-à-dire qu'il a occupée effectivement pendant dix-huit ans.

C'est par là qu'il nous a appartenu, faisant profiter nos élèves de ses travaux au chemin de fer du Nord et de son expérience précoce. Belanger, après sa sortie de l'École, l'avait pris en grande affection et lui avait prodigué ses conseils.

Contamin publia ses Leçons en 1878, sous le titre de *Cours de résistance appliquée*. Cet ouvrage, qui venait à son heure, eut un grand succès et consacra le nom de son auteur à côté de ceux de ses émules. Bien composé et très complet, il contient, sur certaines questions délicates, des solutions qui sont personnelles à notre ami et qui font honneur à l'ingénieur et au savant.

Sa participation à l'Exposition universelle de 1889 forme le point culminant de la carrière de Contamin, et c'est, sans nul doute, à son enseignement à l'École Centrale qu'il dut d'être nommé, en 1886, ingénieur en chef du contrôle des constructions métalliques.

Il se dévoua à cette lourde tâche avec la plus grande ardeur et s'y dépensa tout entier. Pendant ces rudes années, il ne s'arrêta pas un seul instant et ne se coucha que bien rarement avant deux ou trois heures du matin. Tout fut calculé ou revu par lui avec le soin minutieux qu'il apportait en toute chose et que sa conscience exigeait. Il triompha de toutes les difficultés et fut récompensé par la croix d'officier de la Légion d'honneur; mais sa santé, excellente jusque-là, fléchit sous l'effort extraordinaire et ne put malheureusement se rétablir.....

Sa perte nous est extrêmement sensible, et nous prions sa compagne, si courageuse et si cruellement frappée, d'agréer nos plus respectueuses sympathies et de croire que nos regrets se confondent avec sa profonde tristesse. Dieu veuille que les enfants qui lui ont été donnés après une longue attente et que leur père ne devait pas voir grandir, puissent

adoucir son deuil irréparable ! Nous le demandons et nous l'espérons tous.

Si l'on voulait, par un dernier mot, caractériser Contamin, en dehors de ses fortes aptitudes professionnelles, on dirait que sa qualité dominante fut la bonté. Pendant dix-sept ans, succédant à son beau-père, M. Priestley, il eut le gouvernement de la caisse de secours des élèves de l'École Centrale ; et, dans ce poste de confiance, il montra de quelle trempe était sa bonté.

Il y en a de plusieurs sortes. La sienne était indulgente et facile, elle semblait émaner de lui. Il ne pouvait croire au mal et aimait mieux être trompé que d'avoir à refermer son cœur. J'ai toujours été frappé et touché à la fois de cette disposition de son âme.

Lors de notre première rencontre, il y a trente-huit ans, je n'aurais jamais cru que je lui survivrais et que la douloureuse tâche d'honorer son souvenir me serait imposée.

Adieu, mon cher collègue et ami. Reposez-vous comme un bon ouvrier qui a fini son travail !

DISCOURS DE M. JOUSSELIN

Président de la Société des Ingénieurs Civils de France.

Messieurs,

Au nom de la Société des Ingénieurs Civils dont il fut le Président, je viens adresser à Victor Contamin un dernier adieu.

Les Ingénieurs que vous venez d'entendre vous ont rappelé les services éminents qu'il a su rendre au pays pendant sa trop courte carrière dans les diverses branches du génie civil : enseignement technique et professionnel, conception ou direction de grands ouvrages de chemins de fer, recherches scientifiques sur la résistance des matériaux ; je me bornerai à résumer ici la part qu'il prit aux travaux de la Société des Ingénieurs civils de France.

Dès les années 1861 et 1862, Contamin avait tenu la Société au courant de ses belles études sur les ponts métalliques et sur les poutres en treillis.

L'Exposition universelle de 1889 était à peine résolue qu'il était désigné pour participer à l'organisation de cette grande œuvre nationale qui réclamait le concours d'Ingénieurs d'une activité et d'une compétence exceptionnelles.

Il ne fut pas seulement l'Ingénieur-Conseil, journellement écouté pour l'exécution des travaux, il conçut lui-même et dirigea la construction de l'ossature métallique de la grande Galerie des Machines, œuvre grandiose et capitale de l'Exposition, qui consacrait définitivement sa réputation devant le monde industriel et savant. Aussi, en 1890, la Société des Ingénieurs civils, qu'il avait tenue constamment au courant de ces travaux, l'appelait-elle, à l'unanimité des suffrages, au siège de la présidence.

Cet honneur si mérité, qui fut le couronnement de sa belle carrière, provoqua chez lui un redoublement de zèle et de travail.

Nous l'avons tous vu à l'œuvre et nous avons été à même de constater la façon élevée, bienveillante et modeste avec laquelle il dirigeait nos travaux.

Rentré dans le rang à l'expiration de ses fonctions, il prenait encore une part active à nos séances et vous n'avez certainement pas oublié la communication qu'il nous faisait dans la séance du 3 juillet 1891 (Bulletin de septembre 1891, p. 275) de ses études remarquables sur les coefficients de résistance des fers et aciers.

C'était, hélas ! la dernière fois que nous entendions sa voix déjà brisée par les premières atteintes du mal qui devait l'emporter après de longs jours de souffrance, malgré les soins de la compagne dévouée de sa vie.

Mon cher Contamin, mon cher camarade, nos relations amicales remontaient à ta sortie de l'École. Depuis lors, je t'ai suivi avec bonheur au cours de ta carrière laborieuse et brillante, et je trouvais toujours en toi l'homme obligeant, distingué et surtout modeste, malgré tes succès.

L'affection que j'éprouvais pour toi s'était entretenue dans nos rencontres journalières au milieu du personnel si sympathique des Ingénieurs de la Compagnie du Nord, qui constituait ta seconde famille.

Je n'oublierai jamais, qu'à une année d'intervalle, nous acceptions tous deux la douloureuse mission de saluer une dernière fois les dépouilles mortelles de Félix, puis de Ferdinand Mathias, dont le souvenir vit encore au milieu de nous.

Aujourd'hui, tu disparais à ton tour, et c'est à moi qu'incombe le pénible devoir de te dire un dernier adieu !

En voyant tous les jours disparaître des amis, des collègues, des contemporains, enlevés prématurément à notre affection, je sentirais fléchir mon courage, si je n'étais soutenu, comme tu le fus toi-même, par l'espérance de la vie future ; nous nous reverrons un jour dans un monde meilleur, j'en ai la conviction, mon cher Contamin, et c'est dans cette pensée consolatrice que je t'adresse aujourd'hui, au nom de la Société des Ingénieurs civils de France et en mon nom, un suprême adieu.

DISCOURS DE M. A. BERTHON

Vice-Président de l'Association amicale des Anciens Élèves de l'École Centrale.

MESSIEURS,

En l'absence de notre Président, M. Armez, j'ai à remplir aujourd'hui le plus triste des devoirs. Je viens, au nom de l'Association amicale des Anciens Élèves de l'École Centrale, dire un dernier adieu au camarade tant aimé, tant honoré, que nous pleurons, à Contamin, si prématurément enlevé à notre affection.

Ce devoir est d'autant plus triste pour moi, que je suis de la même promotion que Contamin.

Vous savez quelle cruelle maladie le tenait, depuis longtemps déjà, éloigné de nous.

Comment va Contamin ?... Cette question était constamment sur nos lèvres. C'est que nous conservions toujours l'espoir que le mal dont il était atteint céderait au calme et au repos. Hélas! il n'en a pas été ainsi. L'excès du travail, de celui qui laisse à l'homme le moins de repos, de celui de l'intelligence, cet excès noble et excusable avait prématurément épuisé ses forces et l'a couché au tombeau.

D'autres viennent de vous retracer, avec une grande autorité, la carrière de l'éminent Ingénieur et du savant professeur; je n'y reviendrai pas : je me bornerai à vous rappeler son rôle dans notre Association amicale.

Élu trésorier en 1880, il a rempli ces fonctions jusqu'en 1889 avec un zèle et un dévouement que notre Comité se plaisait à reconnaître chaque année, en le renommant par acclamation.

En 1889, nous avions voulu l'élever à la présidence de notre Association; mais il déclina cet honneur, craignant sans doute que le surcroît de travail que lui imposaient déjà les multiples et difficiles fonctions auxquelles sa haute compétence technique l'avait fait appeler ne lui permît pas d'occuper cette présidence comme il l'eût souhaité.

Comme homme, Contamin avait un caractère excellent, un cœur d'or. Il fut toujours un ami pour tous ceux qui dépendaient de lui; il sut, en toutes circonstances, captiver leur estime et leur affection.

Puissent les regrets et les sympathies de tous ceux groupés autour de ce cercueil être un adoucissement à la douleur de la vaillante compagne de sa vie et de ses enfants, si cruellement éprouvés.

Et maintenant, cher Contamin, au nom de l'Association amicale, au nom de tes camarades de promotion, adieu!

CHRONIQUE

N° 162.

Sommaire : Daniel Colladon. — Les fuites des tubes de chaudières *(suite et fin)*. — Distribution hydraulique de force à Londres *(suite et fin)*. — De New-York à Chicago en vingt heures. — Economie dans l'emploi des wagons à grande capacité. — Distribution de force électrique et pneumatique. — Navigation du Haut-Rhin.

Daniel Colladon. — En attendant qu'une notice, digne du membre éminent que la Société des Ingénieurs civils vient de perdre, paraisse dans nos Bulletins, nous croyons intéressant de reproduire la plus grande partie d'une note parue dans le *Journal de Genève* au lendemain de la mort du savant regretté.

« M. l'ancien professeur Jean-Daniel Colladon vient de mourir à l'âge de quatre-vingt-onze ans. Nous ne pouvons songer à raconter en détail cette belle carrière scientifique et industrielle tout à la fois, notre compétence en ces matières étant insuffisante. Tout ce que nous pouvons faire, c'est de tenter de la résumer, en même temps que nous essaierons de fixer, autant que nous le permettent nos souvenirs personnels, la figure à la fois si originale, si respectable et si sympathique de cet homme excellent autant qu'éminent qui, jusqu'à sa fin, avait conservé toute la lucidité de son intelligence, et en même temps toute la bienveillance de son bon cœur.

» Il était né à Genève le 15 décembre 1802. Son père, Henri Colladon, qui exerçait les fonctions peu rétribuées, mais fort estimées de régent au collège, descendait d'une ancienne famille protestante originaire du Berry, venue à Genève à la suite de la révocation de l'Édit de Nantes.

» Après avoir terminé ses études à Genève, au pensionnat Humbert d'abord, puis au collège et à l'Académie, Colladon alla les compléter à Paris, où il mena la vie d'un étudiant qui travaille beaucoup et qui n'a guère d'argent dans sa poche ; le peu qu'il en recevait de la maison paternelle était employé à acheter des livres, et le reste à vivre, comme il pouvait, plutôt mal que bien. Cependant, ses remarquables capacités scientifiques, qui s'étaient révélées de très bonne heure par ses observations sur la propagation du son dans l'eau, lui firent bientôt une petite notoriété qui le mit en rapport d'études et plus tard d'amitié avec quelques hommes qui étaient destinés à devenir ou qui étaient déjà les plus célèbres savants de leur temps. Il suffit de citer Ampère et Sturm, sur lesquels il avait conservé de curieuses anecdotes qu'il aimait à raconter.

» Ce fut en collaboration avec Sturm, le célèbre mathématicien genevois, qu'il entreprit les premiers travaux qui fondèrent sa réputation scientifique et mirent, du jour au lendemain, son nom dans tous les

livres de physique : nous voulons parler de ses belles expériences sur la compressibilité des liquides. C'est ce travail, croyons-nous, qui lui valut, en 1827, le grand prix de l'Académie des Sciences.

» C'est à la première période de sa vie qu'il faut placer le début de ses très curieuses observations sur les propriétés des veines liquides en état d'écoulement et, en particulier, sur la faculté qu'elles possèdent d'entraîner avec elles les ondes lumineuses projetées à leur source. Cette belle expérience de physique, faite pour la première fois à Paris en 1841, reproduite sur une grande échelle dans la même ville en 1889, a été l'un des enchantements de l'Exposition universelle et a donné au nom de Colladon une popularité que méritent à plus juste titre des découvertes de plus grande envergure.

» Pendant ce premier séjour à Paris, il s'occupait beaucoup d'électricité et surtout des rapports de cette force nouvellement découverte avec le magnétisme; il en supposait déjà l'identité, et nous lui avons entendu raconter qu'il avait, avant Ampère, pressenti l'action du courant de la pile sur le galvanomètre. Malheureusement, un mauvais dispositif provenant d'une supposition erronée fit échouer l'expérience qu'il eut l'occasion de répéter plus tard, après la découverte d'Ampère et sous le nom de ce dernier, à l'Institut de France.

» Le jeune savant genevois était donc en passe de devenir célèbre, et l'aisance, sinon la richesse, allait lui venir par surcroît. Il entra, dès la fondation, dans l'enseignement de l'École centrale des Arts et Manufactures, établissement appelé à une très grande prospérité, où il professa la mécanique de 1831 à 1839, jusqu'au moment où l'amour du pays natal le ramena dans sa patrie, pour occuper à l'Académie la chaire de mécanique que l'on venait d'y créer tout exprès pour lui. Il s'y maria et s'y fixa pour toujours, constamment occupé de recherches et d'expériences nouvelles, partageant son temps entre la science et l'industrie, ses cours publics, ses travaux particuliers, ses communications à la Société de physique et à la classe d'industrie de la Société des Arts, toujours très actif et tenant une place de plus en plus considérable dans cette ville où il était recherché, consulté, aimé et respecté entre tous. C'est qu'on ne vit jamais savant d'un abord si facile, ni homme d'un caractère plus serviable. Tous ceux qui avaient quelque renseignement ou même quelque service à lui demander l'ont toujours trouvé aussi attentif à leurs affaires qu'aux siennes propres : on pourrait écrire un volume de toutes les recherches ou démarches qu'il a faites pour le service des autres.

» Comme professeur, il avait des qualités et des défauts tout particuliers ; il possédait au plus haut degré l'art d'intéresser ses élèves à ce qu'il leur enseignait, mais il avait un peu de décousu ; ainsi, nous nous souvenons de l'avoir entendu intercaler dans un cours sur les ponts suspendus une douzaine de leçons sur la fabrication des chapeaux de feutre, qui étaient un vrai hors-d'œuvre, mais un hors-d'œuvre très substantiel.

» Lorsqu'en 1843 la ville de Genève, renonçant aux « falots » du bon vieux temps suspendus par des chaînes en travers de la rue, voulut s'éclairer au gaz, ce fut Colladon qui fut chargé d'étudier cette entreprise

destinée elle aussi à prospérer, parce qu'établie avec le plus grand soin, elle fut toujours admirablement administrée.

» Colladon fut son fondateur et son premier ingénieur, et lorsqu'il a renoncé à ces fonctions, ce fut pour accepter celles de président du Conseil d'administration qui, à la façon dont il les entendait, étaient tout le contraire d'une sinécure. Il y a quelques années, empêché par l'âge et la maladie, il avait donné sa démission et reçu en échange le titre de président d'honneur, récompense méritée de ses longs services.

» Un grand nombre de villes suisses, encouragées par le succès du gaz de Genève, lui demandèrent de présider à l'installation de leurs usines et il ne leur refusa jamais son concours, tout au moins il les aida de ses conseils.

» La compétence exceptionnelle qu'il possédait en cette matière fut cause qu'en 1862 il accepta la tâche énorme et difficile entre toutes d'éclairer au gaz la ville de Naples, jusque-là fort mal éclairée par quelques réverbères dépendant d'une usine insuffisante et par des lampes brûlant devant les statues des madones. Il s'agissait de porter la lumière jusque dans les ruelles les plus obscures de cette ville immense, superbe et sale, jusque dans les réduits où grouille le vice et où commande la *camorra*, la menace à la bouche et le couteau à la main. Il y avait des intérêts à désarmer, des préjugés à vaincre : le clergé ne voyait pas de bon œil déranger les habitudes de ses ouailles ; les lazzaroni se plaignaient de ce qu'ils ne pouvaient plus dormir dans la rue et en faire leur cabinet de toilette. Chacun voulait se faire exproprier et criait plus fort que les autres contre l'abomination du gaz, afin de se faire payer plus cher son chagrin. Il fallait un Hercule pour nettoyer ces écuries napolitaines, un Hercule doublé d'un Ulysse, pour déjouer toutes ces intrigues.

» Ce ne furent ni Hercule ni Ulysse qui s'en chargèrent, mais un honnête Genevois qu'on vit descendre un beau jour du chemin de fer de Capoue, sa valise à la main, son chapeau un peu en arrière, comme le plus naïf des savants, et n'ayant pas l'air de se douter des luttes qu'il allait avoir à soutenir contre toutes les ruses et toutes les cupidités de ce monde. Celui qui écrit ces lignes était à Naples à ce moment-là : il fut témoin de la stupéfaction publique ; on s'attendait à voir venir un procureur fûté, voyant courir le vent, expert dans l'art de pratiquer la *buona mancia* et d'en profiter au besoin. Au lieu de cela, on vit un honnête homme, tout entier à son affaire, ne s'amusant pas à chercher les toiles d'araignée, mais passant au travers sans les voir. Son honnêteté déconcerta tout le monde ; on le crut plus fort que les plus malins, et il réussit là où d'autres auraient probablement échoué. Grâce à lui, le Gaz de Naples est devenu une bonne affaire et les capitalistes qui l'avaient lancée n'ont pas eu à se repentir de leur choix.

» Mais si ces affaires de gaz ont été une des principales occupations de sa vie, elles n'ont pas été, il s'en faut, son unique préoccupation Il a toujours été ce qu'il était au début de sa carrière, un chercheur et un inventeur. Et la plus belle découverte qu'il ait faite, celle malheureusement qui lui a le moins profité, a été l'emploi de l'air comprimé comme moyen de transmission de la force, dans son application au percement des tunnels.

» C'était le moment où la grosse question du percement des Alpes par une voie ferrée était mise à l'étude et où l'on cherchait les moyens les plus simples et les moins coûteux de perforation. L'énorme difficulté du percement de tunnels considérables sous un massif montagneux dont l'épaisseur ne permettait pas de recourir aux puits auxiliaires, consistait, sans parler de la transmission de la force à longue distance par câbles aériens, dans l'obligation de renouveler au front d'attaque l'air du souterrain constamment vicié par l'explosion des mines et la respiration des hommes. C'est ce double problème qu'il eut l'idée de résoudre de la façon la plus simple et la plus ingénieuse en envoyant l'air comprimé au front d'attaque, afin d'y porter la force qui fait mouvoir les perforateurs, et l'air respirable qui brûle la poudre et fait vivre les hommes.

» Ceux qui ont atteint aujourd'hui ou un peu dépassé l'âge mûr se souviendront d'avoir vu dans leur jeunesse — c'était, croyons-nous, en 1849, au pied du petit Salève, tout contre une paroi de rochers située dans le voisinage du château d'Etrembières — une perforatrice sur son affût qui fouillait la roche calcaire, sans moteur apparent ; une simple conduite amenait l'air comprimé un peu plus loin par une chute d'eau, probablement celle de la source d'Aiguebelle : c'était là l'embryon de la machine qui, trois ans plus tard, complètement achevée, devait percer le massif des Alpes, d'abord au Mont-Cenis, puis au Gothard et à l'Arlberg, pour aller ensuite opérer le même prodige en Amérique, aux Montagnes Rocheuses et, tout récemment, jusqu'au sommet des Andes.

» Cette découverte qui, on peut le dire sans métaphore, a changé la face du monde, est une des plus belles du siècle. Elle appartient à Daniel Colladon, bien qu'elle lui ait été quelquefois injustement contestée et qu'il ait inutilement cherché à faire reconnaître les droits qu'il avait à une invention qui a valu à d'autres une fortune et des statues. La seule récompense qu'il ait obtenue pour cette admirable application mécanique s'est bornée à une médaille d'or qui lui a été décernée à l'inauguration du tunnel du Mont-Cenis, lors de cette fête internationale dont il aurait dû être le héros.

» *Hos ego versiculos feci, tulit alter honores*

» Il a eu sa revanche au Gothard, dont il avait été nommé Ingénieur-conseil et où il installa les superbes batteries de compresseurs qui, d'Airolo et de Gœschenen, envoyaient la force et la vie jusqu'au fond de l'immense tunnel. Cette fois, lors du banquet d'inauguration, il occupait bien la place qui lui était due, la place d'honneur à côté des représentants de la Suisse et du royaume d'Italie.

» Malheureusement il y manquait quelqu'un : ce noble et malheureux Louis Favre pour qui Colladon avait autant d'amitié que d'estime, ce champion d'une idée à laquelle il devait sacrifier sa vie d'abord, — puisqu'il est mort sur son champ de bataille, c'est-à-dire dans son cher tunnel, à la veille du triomphe, — sa fortune ensuite et celle de ses enfants d'autant plus sacrées qu'elle était le fruit de son rude travail.

» Le tunnel était à peine terminé que Colladon rêvait déjà d'ouvrir une nouvelle route dans les Alpes et de perfectionner encore ses com-

presseurs pour les appliquer au percement du Simplon ; mais jusqu'ici cette grande entreprise est restée à l'état de projet.

» Parmi les inventions d'ordre secondaire mais importantes encore auxquelles restera attaché le nom de Colladon, il faudrait citer de nombreux perfectionnements apportés dans l'outillage du gaz et dont la première application a été faite à l'usine de Genève ; mais surtout la roue flottante destinée aux cours d'eau à niveau très variable, invention ingénieuse qui, sans avoir rendu tous les services qu'elle semblait promettre, est cependant appelée à en rendre de réels dans des circonstances déterminées.

» Sa curiosité et son aptitude presque universelle le portaient à faire d'incessantes recherches sur toute sorte de sujets concernant la physique et la météorologie, chaleur, électricité, vapeur, épuration des gaz, terrasses lacustres, grêle, trombes aspirantes, effets de la foudre sur les arbres. Partout l'on trouve des observations très bien faites et des explications ingénieuses. Parmi ses inventions proprement dites, il faut citer encore un appareil pour mesurer la force de traction des bateaux à vapeur ; ses travaux sur cette question furent très appréciés par l'Académie des sciences de Paris et lui valurent une belle récompense des lords de l'amirauté anglaise.

» Sa notoriété et l'universalité de ses connaissances le désignèrent au choix du Conseil fédéral pour représenter la Suisse en qualité de commissaire à la première Exposition universelle de Londres en 1852, et il y remplit les fonctions toutes nouvelles alors de membre du jury international.

» Lorsque l'idée du tunnel sous la Manche fut conçue pour la première fois, il fut choisi pour faire partie du comité et il contribua pour sa part aux études qui démontrèrent la possibilité et même la facilité relative de cette grande entreprise que des raisons politiques et commerciales ont empêché d'aboutir. Pour lui, il n'a jamais douté du succès.

» Depuis longtemps, Colladon était affligé d'une surdité qui le gênait beaucoup, car il était d'humeur sociable ; et tout aussitôt son esprit scientifique s'était appliqué à son infirmité pour chercher les moyens les plus pratiques d'y remédier. Il s'est beaucoup occupé d'un procédé dont il n'était pas l'inventeur, mais qu'il a contribué à faire connaître et à propager, celui des membranes vibrantes tenues entre les dents et remplaçant avec avantage les anciens cornets acoustiques.

» C'était un excellent homme et un grand savant, savant dans tous les sens du mot, par l'abondance des connaissances, par la sûreté de la méthode, et, ce qui est plus rare, par le génie qui découvre. Son invention de l'emploi de l'air comprimé pour le percement des tunnels suffirait pour rendre illustre le nom d'un homme ; et ce n'est pas la seule, on l'a vu, à laquelle il ait attaché son nom.

» C'était de plus un citoyen dévoué et fidèle, payant de sa personne et de sa bourse toutes les fois qu'on faisait appel à son dévouement.

» Il dut accepter à diverses reprises des fonctions publiques et, du caractère dont il était, toutes ces fonctions n'étaient pas des sinécures, mais des occupations sérieuses qui absorbaient une grande partie de son temps ; il est vrai qu'il en était prodigue, en ayant beaucoup à sa dis-

position, parce qu'il travaillait quand d'autres mangent, dorment, s'amusent ou se promènent ; il était de la race des grands laborieux.

» Depuis longtemps il ne sortait presque plus de chez lui et cette terrible surdité l'avait un peu séparé de la société de ses semblables. Ces loisirs qui, pour d'autres vieillards, auraient été consacrés au repos du corps et de l'esprit, n'ont été pour lui que l'occasion d'un surcroît d'activité. Il les a employés à mettre en ordre les notes concernant sa vie et ses anciens travaux, à achever et à mettre au net ceux qui restaient incomplets. Il lisait et écrivait sans cesse, et c'est bien de lui qu'on peut dire : *Nulla dies sine linea*.

» Ces derniers temps, les progrès de la faiblesse organique dont il souffrait avaient seuls pu mettre un terme à cette activité sans trêve. Il sentait la vie le quitter, et il employait les derniers jours qui lui étaient accordés à se préparer au grand voyage, qui pour lui n'avait ni obscurités, ni terreurs. Enfin, dans la nuit du 29 au 30 juin, il s'est éteint sans agonie, sans souffrance apparente, en paix avec lui-même et avec les autres.

» Il a eu la mort d'un juste et laisse à tous ceux qui l'ont connu le souvenir d'un homme qui, avec des facultés transcendantes, a moins cherché à briller qu'à se rendre utile à tous et à concourir aux progrès de la science. Tous ceux qui l'ont connu le regretteront, Genève, la Suisse, et sa grande patrie, la science, porteront son deuil.

» Ajouterons-nous, en terminant, qu'il était membre de plusieurs Sociétés savantes étrangères, qui s'honoraient de le compter parmi leurs membres correspondants : l'Académie des sciences de Paris, l'Académie royale des sciences de Turin, les Sociétés météorologique de Londres, géologique de Vienne, la Société allemande de météorologie, etc. ; qu'il était officier de la Légion d'honneur et commandeur de l'ordre des SS. Maurice et Lazare ? Tous ces honneurs mérités prouvent l'étendue de la perte immense que nous venons de faire. Cette mort de Colladon, suivant de près celle d'Alphonse de Candolle, laissera dans les rangs de la science genevoise un double vide qui ne peut durer, car les générations nouvelles ont le devoir et tiendront à honneur de le combler.

Les fuites des tubes de chaudières *suite et fin*. — L'un des premiers systèmes proposés pour protéger par des bagues l'extrémité des tubes est celui de MM. Humphrys, Tennant et C°, représenté par la figure 1. On voit qu'il s'agit d'une bague vissée dans l'extrémité du tube

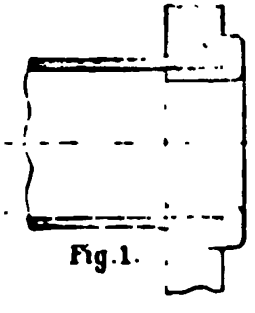
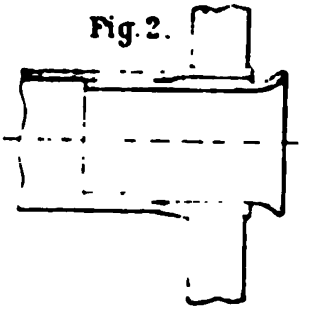


Fig. 1.

Fig. 2.



et dont le rebord pénètre dans une rainure circulaire pratiquée dans la plaque tubulaire. Le principe de cette disposition repose sur ce que, si le tube vient à se contracter sous l'action d'une variation dans la température, le rebord extérieur de la bague s'applique plus fortement contre le bord de la rainure de la plaque et rend ainsi les fuites plus difficiles à se produire en formant un second joint contre elles. Le vissage de la bague dans le tube produit d'ailleurs le même effet que le mandrinage au point de vue de l'action des tubes comme tirants pour l'entretoisement des plaques tubulaires. Cette bague, par sa disposition, donne de grandes surfaces de contact, et on comprend qu'elle puisse s'opposer efficacement aux fuites. Mais elle présente un inconvénient très grave ; on ne peut guère l'enlever pour le nettoyage et les réparations qu'en la coupant ; de plus, le prix en est élevé. Ces bagues ont été employées sur le navire de guerre anglais *Medea*, où elles ont donné de bons résultats.

La figure 2 représente une bague proposée par M. Peck, de la maison Yarrow. Dans cette disposition, la bague ne touche le tube qu'à la distance où la transmission de la chaleur peut s'opérer facilement ; plus près elle laisse une couche annulaire d'air qui protège le bout du tube.

La disposition de la figure 3 a été proposée par M. Oram ; elle réalise les avantages invoqués en faveur de la précédente et, de plus, la bague

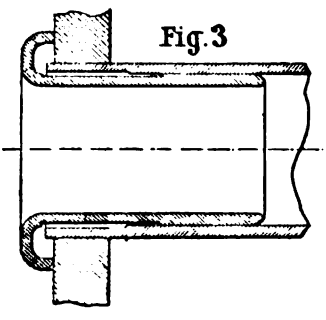


Fig. 3.

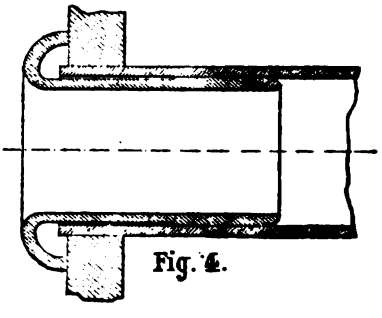


Fig. 4.

porte une tête rabattue destinée à protéger l'extrémité des tubes et une partie de la plaque tubulaire contre l'action directe de la chaleur.

L'expérience a conduit à la forme définitive de la figure 4, qu'on appelle la « bague de l'Amirauté ». Cette disposition a d'abord été appliquée sur le *Barracouta*. La chaudière de bâbord a reçu des bagues en acier et la chaudière de tribord des bagues en acier et des bagues en fonte malléable. Les résultats ont été très satisfaisants ; on a constaté que les bagues en fonte malléable s'oxydaient beaucoup moins que les autres et devaient avoir, par conséquent, une plus grande durée. A la suite de cet essai, on a mis des bagues semblables aux chaudières du *Thunderer*, qu'il était impossible de faire fonctionner, à tirage même modéré, sans produire des fuites assez abondantes pour interrompre tout service et la réussite a été complète.

Ce fait est assez intéressant pour qu'il soit utile d'entrer dans quelques détails. Les chaudières du *Thunderer*, chaudières doubles à six foyers avec chambre de combustion commune, ne pouvaient supporter, sans des

fuites abondantes aux tubes, le tirage naturel ; il fallait réduire celui-ci et il était impossible de réaliser une vitesse suffisante. On plaça des bagues du système qui vient d'être indiqué. A l'essai de 8 heures au tirage naturel, 30 *mm* d'eau, on obtint 5 900 *ch.r* indiqués, la puissance spécifiée au marché pour cette condition étant de 5 500. Il ne fut constaté aucune fuite aux tubes. Avec tirage forcé, 50 *mm* d'eau, on réalisa 7 000 *ch.r* indiqués pour 7 000 spécifiés au marché ; on constata de légères fuites à 10 tubes sur un total de 3 000.

Pour apprécier la faculté de durée des bagues, on dirigea le *Thunderer* sur Madère, le voyage aller et retour à Portsmouth fut accompli aux 4/5 de la puissance au tirage naturel, soit 4 400 *ch.r* et 12,8 nœuds de vitesse moyenne. Au bout de cette période de huit jours un seul tube fuyait parce que la bague était tombée, quelques autres bagues avaient pris un peu de jeu, mais pas assez cependant pour pouvoir être enlevées à la main.

M. Durston termine son mémoire par ces conclusions : « Ces bagues ont été appliquées sur plusieurs autres navires ayant des chaudières de types divers et toujours avec des résultats satisfaisants. Aussi les navires de la marine anglaise en demandent-ils tous.

Que le mal provienne du défaut de circulation de l'eau, de la température excessive dans la chambre de combustion ou de la présence de matières grasses dans l'intérieur de la chaudière, il y a un fait avéré, c'est que ces bagues ont entièrement rempli le but pour lequel on les avait appliquées aux tubes ».

Tous les témoignages qui ont été rapportés jusqu'ici tendent donc à attribuer pour la plus grande partie les fuites des chaudières marines à la surchauffe des plaques tubulaires amenée selon toute probabilité par la circulation défectueuse de l'eau le long de cette plaque ou quelquefois aussi par la présence de matières grasses dans l'eau de la chaudière. S'il en est ainsi, on peut trouver singulier que l'on ait relativement peu à se plaindre des fuites aux tubes des chaudières de locomotives où la température de combustion est bien plus élevée et où la circulation de l'eau ne doit guère être meilleure que dans les chaudières marines. L'auteur du mémoire dont nous venons de donner des extraits semble attacher une importance secondaire au mode de fixation des tubes dans les plaques et n'y attribuer qu'une faible influence sur leur étanchéité. L'opinion des ingénieurs de chemins de fer ne paraît pas être dirigée dans le même sens ; ils attachent au contraire la plus grande importance au mode de fixation des têtes des tubes. Ces derniers, toujours lorsqu'ils sont en fer ou en acier et souvent même lorsqu'ils sont en laiton, sont terminés par un bout en cuivre rouge du côté du foyer, ce bout est refoulé en bourrelet à l'intérieur de la plaque tubulaire et rabattu à l'extérieur de celle-ci pour donner à l'assemblage la plus grande solidité possible.

Il est assez singulier, dit le journal américain que nous avons cité au début de cet article, que le mémoire de M. Durston ne fasse aucune allusion à la différence de dilatation qui existe entre les tubes et l'enveloppe de la chaudière. On admet généralement que, pour les locomotives, les longs tubes sont plus difficiles à maintenir étanches que les courts.

On attribue même quelquefois la rupture des tirants à la dilatation des tubes. Un numéro récent du *Railway Engineer* donne la description d'une disposition destinée à prévenir cette difficulté. Elle est due à M. Martin Atock, Locomotive superintendent du Midland Great Western Ry d'Irlande. En voici une description sommaire.

La différence de dilatation entre les tubes en laiton et l'enveloppe en fer ou en acier d'une chaudière de locomotive est un fait bien connu et M. Atock en a signalé, dès avril 1882, les conséquences fâcheuses dans une communication à l'Institut des ingénieurs d'Irlande. Peu après il disposa une chaudière avec un anneau d'expansion à l'attache de la plaque tubulaire de la boîte à fumée et du corps cylindrique. Cette chaudière fonctionna sans difficulté pendant sept ans au bout desquels la continuité des ouvertures et fermetures de l'anneau finit par déterminer au fond de la gorge de celui-ci une fissure qui dut le faire remplacer.

Comme perfectionnement pour répartir le mouvement sur une plus grande étendue, M. Atock termine le corps cylindrique du côté de la boîte à fumée par une partie présentant trois ondulations disposées comme celles des foyers Fox. C'est là que s'opèrent la dilatation et la contraction nécessaires pour suivre celles des tubes.

Il y a actuellement sur le Midland Great Western d'Irlande 27 locomotives ayant leurs chaudières disposées comme il vient d'être indiqué. La première a commencé son service en novembre 1889 et a effectué un parcours de 190 000 *km* en donnant toute satisfaction. Ce n'est qu'au bout d'une longue période qu'on peut apprécier l'avantage matériel réalisé par une amélioration de ce genre au point de vue de l'économie dans les réparations des chaudières et de la suppression des arrêts nécessités par ces réparations. Néanmoins, les résultats paraissent devoir être favorables.

On peut se faire une idée des efforts exercés sur la chaudière par les variations de température par quelques expériences de M. Atock dans lesquelles les plus grands soins ont été apportés.

Dans une chaudière de 3,05 *m* de longueur, l'allongement des tubes en laiton dépasse de 3 *mm* celui de l'enveloppe lorsque la température passe de 15 à 100 degrés centigrades. Si on élève la pression à 10 *kg* par centimètre carré, la machine étant au repos, les tubes s'allongent de 9 *mm* et si la machine travaille avec une combustion active dans le foyer, il se produit un allongement supplémentaire de 3 *mm*, total 12. Pendant ce temps, le corps cylindrique ne s'est allongé que de 6, de sorte qu'il y a une différence de 6 *mm* qui doit se trouver quelque part et qui s'obtient par des mouvements dans les plaques tubulaires et les tubes et des glissements dans les emmanchements de ces parties qui amènent rapidement des fuites.

Il est évident que la différence de dilatation que nous venons de signaler est plus grande avec les tubes en laiton qu'avec les tubes en fer ou en acier, mais elle existe également avec ces derniers, puisqu'ils sont chauffés par les gaz de la combustion qui passent dedans à une température bien plus élevée que celle de l'enveloppe du corps cylindrique, laquelle n'est jamais en contact qu'avec l'eau de la chaudière.

Les expériences de M. Atock sont en concordance avec les conclusions

de M. Yarrow qui recommande de laisser aux chaudières la plus grande liberté d'obéir aux dilatations et contractions produites par les différences de température (1).

On doit, bien entendu, avec cette disposition, supprimer les tirants longitudinaux allant d'un bout de la chaudière à l'autre et consolider les plaques tubulaires par des gousets, des cornières, etc.

La conclusion de ce qui précède est que, pour éviter les fuites aux extrémités des tubes, il faut se préoccuper de deux points :

1° Soustraire les tubes aux efforts longitudinaux provenant de dilatations auxquelles ils ne peuvent pas obéir ;

2° Soigner l'assemblage des tubes avec les plaques tubulaires et ne rien épargner pour que cet assemblage soit convenablement fait. Il n'est pas rare de voir les précautions les plus élémentaires négligées, faire par exemple l'assemblage rouille sur rouille, moyen infaillible d'avoir des fuites dès l'essai à la presse.

Ces précautions élémentaires observées, il ne sera pas inutile de se préoccuper d'assurer une circulation suffisante à l'eau de la chaudière, de maintenir celle-ci propre et d'employer pour préserver les extrémités des tubes les bagues qui ont si bien réussi dans la marine anglaise.

Distribution hydraulique de force à Londres *suite et fin*. — Le bâtiment des moteurs contient six machines à triple expansion construites par la Hydraulic Engineering Company, d'après le système Ellington. Les cylindres de ces machines ont les diamètres respectifs de 0,380 m — 0,538 et 0,915 m, la course est de 0,610 m, les manivelles sont calées à 120°. Chaque cylindre à vapeur actionne le plongeur d'une pompe à simple effet, plongeur qui a 0,127 m de diamètre et qui se trouve en prolongement de la tige du piston à vapeur, la bielle qui actionne la manivelle étant double pour embrasser le corps de pompe hydraulique. La pression de la chaudière est de 10 à 12 *kg* par centimètre carré. A 61 *t* par minute, chaque pompe débite 1 300 *l* d'eau par minute sous une pression de 55 *kg* par centimètre carré. A cette vitesse considérable, eu égard à la pression de refoulement, les clapets des pompes fonctionnent sans bruit et sans chocs appréciables.

Tous les cylindres sont munis d'enveloppes de vapeur et on a pris toutes les précautions nécessaires pour que le retour de l'eau condensée se fasse directement à la chaudière par simple différence de niveau, les tuyaux de purge ont un fort diamètre et on a évité les coudes brusques où l'eau s'accumule facilement. Sur les conduites de vapeur qui sont en fer on a aussi eu soin de disposer des purgeurs de manière à prévenir l'accès d'eau aux cylindres.

Ces machines sont munies de condenseurs à surface comme il a été indiqué plus haut. Le corps du condenseur fait partie du bâti et chaque machine a sa pompe à air, sa pompe de circulation et sa pompe alimen-

(1) Une disposition analogue à celle de M. Atock a été employée pour des chaudières de torpilleurs par MM. Orlando, constructeurs à Livourne. Dans son mémoire déjà cité (*Bulletin* de décembre 1878, page 567), M. A. Normand indique que dans ses chaudières de torpilleurs, la plaque à tubes de la boîte à fumée est alésée suivant une bande annulaire voisine du rabat de la couture, cette rainure annulaire a pour but de permettre à la plaque de faire soufflet et de céder à la dilatation sous l'effort de poussée des tubes.

taire, ces pompes étant actionnées par un balancier mû par la tête du piston intermédiaire, à la façon des machines marines. L'eau de circulation est prise dans le réservoir de la station et est rendue dans un autre réservoir d'où elle est aspirée par les pompes hydrauliques et refoulée dans les conduites de distribution. Les pompes de circulation fonctionnent par conséquent par aspiration et refoulement.

Les cylindres à haute pression sont munis d'une détente Meyer réglée à la main avec un petit volant comme d'habitude, le degré d'admission étant indiqué par un index sur une échelle graduées. Les cylindres sont enveloppés de matières non conductrices et recouverts de tôles minces d'acier, ce qui est à tous égards préférable au bois.

Il y a un régulateur à force centrifuge à grande vitesse et les dispositions ordinaires de mise en train. Ces machines ont donné des résultats économiques remarquables; la dépense de vapeur ne dépasse pas 6,4 *kg* de vapeur par cheval indiqué et par heure.

L'eau refoulée par les pompes passe dans des accumulateurs qui sont probablement les plus grands qui aient été faits jusqu'ici. Les plongeurs ont 0,610 *m* de diamètre et 7 *m* de course. Ils sont chargés chacun avec 110 *t.* de laitier contenu dans une caisse cylindrique en fer suspendue à une traverse portée par la tête du plongeur.

La section de celui-ci étant de 2010 cm^2 pour 55 *kg* par unité de surface, on a une charge totale de 110 *t* en nombre rond. Si on ajoute 5 0/0 pour les frottements, on arrive à 112 *t* environ. Le poids de la caisse et des plongeurs fournit largement à l'excédent.

Il y a deux accumulateurs semblables, seulement l'un est chargé un peu plus que l'autre, de sorte que leur mouvement d'ascension et de descente est successif au lieu d'être simultané. Le plus chargé actionne à fin de course une soupape qui ferme l'arrivée de la vapeur aux machines. La différence de charge est d'ailleurs assez faible pour que les deux plongeurs se suivent de près dans leur déplacement. Cette disposition assure une grande régularité de la pression dans les conduites de distribution.

La vapeur est fournie par six chaudières munies d'économiseurs et d'appareils de chauffage mécanique. Ces chaudières, entièrement en tôle d'acier Siemens-Martin, ont deux corps superposés. Le corps supérieur a 6,15 *m* de longueur et 1,370 *m* de diamètre; il est terminé par deux calottes embouties. Le corps inférieur a 5,50 *m* de longueur et 1,525 *m* de diamètre; il contient une force cylindrique de 1,135 *m* de diamètre terminé par une plaque tubulaire portant un faisceau de tubes de 75 *mm* de diamètre. Le foyer est formé de viroles soudées avec des bords rabattus pour lui donner de la rigidité, il est rattaché à la tête de la chaudière par des boulons faisant un joint démontable pour le nettoyage. Dans cette opération, le foyer glisse sur rails fixés à la chaudière par des galets qu'il porte à la partie supérieure. Le corps supérieur porte un dôme où se fait la prise de vapeur. Cette disposition est utile pour avoir de la vapeur sèche à cause de la vaporisation très active de ces chaudières.

Le charbon arrive dans le dock près du bâtiment des machines dans des allèges où il est pris par une grue hydraulique d'une tonne et des

wagonets le versent dans le magasin à charbon situé à côté des chaudières. Là, il est chargé dans d'autres wagonets à fond mobile qu'un élévateur hydraulique élève jusqu'à une voie suspendue qui leur permet de se vider dans les trémies des appareils de chauffage mécanique. Les générateurs produisent 11,1 *kg* de vapeur, à 10 *kg* de pression par kilogramme de charbon de navigation Nixou Si on combine ce résultat avec la dépense de vapeur des machines indiquées plus haut, on trouve que celles-ci dépensent 0,575 *kg* de combustible par cheval indiqué et par heure.

On comprendra facilement qu'il est de première importance d'avoir les conduites des rues établies de manière à ne pas donner de fuites appréciables. A la pression de 50 *kg* par centimètre carré, la vitesse de l'eau qui s'échappe par un orifice est de 100 *m* par seconde en nombre rond ; un très petit trou donnera donc lieu à une perte très considérable d'eau et par conséquent de force. Tous les tuyaux et appareils employés dans la distribution sont essayés préalablement à leur mise en place sous une pression de 175 *kg* par centimètre carré et, une fois mis en place, à une pression moindre pour constater l'étanchéité des joints. On emploie pour ceux-ci de la gutta-percha et la disposition introduite il y a déjà longtemps par lord Armstrong : seulement on a modifié la forme des brides des tuyaux pour leur donner autant sinon plus de résistance qu'au corps même du tuyau. Cette modification a été inspirée à M. Elmington par la considération suivante. Les brides se cassent généralement sous la pression hydraulique ou sous l'effort produit par un serrage exagéré des boulons des joints suivant une ligne qui joint la portée de contact entre les tuyaux adjacents et l'angle de la bride et du tuyau sur la face opposée au joint. Si on recule les brides par rapport au joint c'est-à-dire si on munit les brides de parties notablement en saillie sur elles faisant contact, l'épaisseur de la partie où doit se produire la rupture est considérablement augmentée et, par suite, la résistance des brides. En fait, il ne s'est point produit de ruptures de tuyaux depuis que cette disposition est adoptée et actuellement les fuites dans la canalisation sont tout à fait inappréciables.

La force hydraulique est vendue au compteur suivant une échelle variable commençant par un minimum de 31,25 *f* par trimestre et par machine, somme pour laquelle 13600 *l* sont fournis, tandis que, pour une consommation de 2265000 *l*, il n'est payé par trimestre que 2,50 *f* par mille gallons ou 4530 *l*. Les prix sont encore abaissés pour des consommations supérieures En moyenne, les taxes payées équivalent à 3,75 *f* pour 4530 *l*, soit 0,82 *f* par 1000 *l*.

L'usage principal est pour le travail intermittent tel que l'exigent les ascenseurs, grues, monte-charges, presses, etc. Depuis longtemps, on a constaté que, pour ces applications, la force hydraulique donnée par l'eau sous pression est ce qui convient le mieux. Aussi n'est-il pas surprenant que la Compagnie dont nous parlons ait à peu près le monopole du service d'élévation des fardeaux à Londres. L'économie de ce système n'est pas douteuse et elle peut être appréciée par ce fait que la plupart des propriétaires de débarcadères ont trouvé avantageux de supprimer les grues à vapeur et à bras pour y substituer des grues hydrauliques mues par l'eau de la Compagnie.

Bien plus, des établissements qui possédaient des installations hydrauliques ont également trouvé économique de supprimer leurs machines de compression et de se servir de l'eau fournie par la compagnie, cette eau leur coûtant moins cher que celle qu'ils mettaient eux-mêmes sous pression. L'exemple le plus remarquable de ce fait est donné par les London Docks dont la moitié des appareils de bouge est actionné de cette manière. La plupart des gares de chemins de fer, débarcadères, hôtels, entrepôts, magasins etc., sont également les clients de la Compagnie. Celle-ci fournit aussi de l'eau par de nombreux moteurs à rotation qui sont généralement des machines à trois cylindres de Brotherhood. Le courant électrique employé par la Exchange Telegraph Company est produit par une dynamo actionnée par un moteur hydraulique et on vient d'adjoindre une roue Petton à ce moteur qui fonctionne déjà depuis plusieurs années. Ces roues sont tout à fait appropriées à la commande des dynamos, elles tournent avec une grande vitesse, et résolvent parfaitement la difficulté que présentait l'utilisation sur une roue ou turbine d'eau à 50 ou 55 *kg*. de pression par centimètre carré.

Une très importante application de la puissance hydraulique est celle de l'extinction des incendies par les hydrautes à injection de Greathead Il y a environ cent de ces hydrautes de posées. Les constructions de Quen Anne à Saint-James Park, en ont à chaque étage, ainsi que les nouveaux bâtiments de Scotland Yord et les Galeries nationales, il y en a aussi quelques-unes dans les rues. On sait que ces hydrautes dont le principe est d'injecter dans le jet donné par l'eau d'une distribution ordinaire un jet d'eau à haute pression et, par suite, pour une faible dépense de celle-ci, d'augmenter notablement la force d'ascension de la première constituent de véritables pompes à incendie à fonctionnement continu.

L'installation que nous venons de décrire a coûté environ 10 millions de francs, c'est certainement la plus considérble qui existe actuellement Le dividende payé pour 1891 a été de 5 3/4 0/0. Il en existe dans d'autres villes d'Angleterre. Celle de Hull, la plus ancienne, a été établie en 1875, celle de Londres en 1882, celle de Liverpool en 1886. La ville de Birmingham a commencé à exploiter elle-même une distribution de force de ce genre et on commence les travaux pour le même objet à Manchester et à Glasgow. Il existe aussi des installations pareilles à Melbourne et à Sydney. On doit porter dans quelques-unes des nouvelles la pression de l'eau à 1 000 livres par pouce carré, 70,8 *kg* par centimètre carré.

De New-York à Chicago en vingt heures. — En 1891, le New-York Central and Hudson River Railroad a établi un train rapide entre New-York, Niagara et Montreal qui a reçu le nom d'Empire state Express et a été jusqu'ici non seulement le train réalisant une vitesse considérable sur le plus grand parcours, mais encore celui qui réalisait la plus grande vitesse absolue.

Nous en avons cité des exemples dans la Chronique de mai, page 667. En somme, ce service réalise, été comme hiver, un parcours de 707 *km* accompli à la vitesse moyenne de 81.6 *kg* à l'heure et présente de plus les records suivants : 187 *km* franchis à la vitesse de 102 *km* à l'heure. 83 à celle de 108,5, et 1600 *m* à celle de 165.3 *km* à l'heure.

Le succès de ce train qui, comme nous l'avons dit, est en service depuis vingt mois, a engagé les Compagnies du New-York Central and Hudson River Railroad et du Lake Shore and Michigan Southern Railroad à établir entre New-York et Chicago un train rapide du même genre, lequel a reçu le nom de « Exhibition Flyer », nom dont l'équivalent en français est à peu près « le Voltigeur de l'Exposition » et qui a commencé son service le 1er juin.

Nous pensons que les détails suivants sur ce train que nous résumons d'un article du *Railroad Gazette* pourront intéresser ceux de nos collègues qui se préparent à faire le voyage des États-Unis.

Ce train part tous les jours de New-York à 3 h. de l'après-midi et de Chicago à 2 h. Allant vers l'ouest il met vingt heures et vers l'est vingt heures quinze minutes, autrement dit, dans le premier cas, il arrive à Chicago à 10 heures du matin et dans le second à New-York à 11 heures 15 minutes en tenant compte de la différence d'heures entre New-York et Chicago.

La distance entre les deux villes est, par le parcours suivi, de 1 552 *km*, en déduisant 3 200 *m* que le train évite en ne pénétrant pas dans la gare de Buffalo et en s'arrêtant à celle de Seneca Street pour changer de machine. Ce parcours de 1 552 *km*, effectué en vingt heures, donne une vitesse moyenne de 77,6 *km* à l'heure sur tout le trajet; sur le New York Central, la vitesse moyenne est de 80,8, et sur le Lake Shore elle est un peu moindre, 75 *km* seulement.

Le train fait neuf arrêts réglementaires : Albany, Utica, Syracuse, Rochester, Buffalo, Erie, Cleveland, Toledo et Elkhart.

Les changements de machines se font à ces arrêts et les parcours de celles-ci sont les suivants : jusqu'à Albany, 240 *km*; de là à Syracuse, 238,3; à Buffalo, 238,2; à Erie, 158,5; à Cleveland, 151,6; à Toledo, 175,5; à Elkhart, 214, et enfin de là à Chicago, 162,6 *km*.

Le train est composé comme suit : d'abord un « combination car », contenant compartiment à bagages, buffet, bibliothèque, salon de coiffure et salle de bains; ensuite, deux voitures Wagner avec toilettes, salon et dix compartiments; puis une voiture semblable sans salon et à seize compartiments.

Le poids approximatif de ces voitures est de 38 500 *kg* pour la première et de 47 500 pour chacune des autres. Le poids total du train, sans le moteur, ressortirait donc à 181 *t*.

Les machines employées pour la traction de ce train sont, sur le New York Central, des locomotives semblables à celles qui font le service de l'Empire State Express, et dont nous avons parlé dans la précédente Chronique, savoir : cylindres de 483 × 610, roues de 1,982, et pour quelques-unes de 2,186, pression à la chaudière 13 *kg*, surface de chauffe 169 *m²*, poids en service avec le tender 91 500 *kg*.

Sur le Lake Shore, les machines sont moins puissantes; les inclinaisons sur cette ligne sont moindres : elles ne dépassent pas 3 p. 1 000, et la vitesse est moins grande. Ces machines ont été faites par les Brooks Locomotive Works, à Dunkirk. Elles ont des cylindres de 432 × 610, des roues de 1,83 *m* et pèsent 78 000 *kg* avec le tender chargé.

Toutes les voitures sont reunies par des vestibules de Gould qui s'es-

tendent sur toute la largeur et constituent des plates-formes très spacieuses et très commodes pour la vue; ils sont munis de grandes glaces, et on peut y installer des pliants.

L'attelage des voitures comporte des tampons hydrauliques, disposition toute nouvelle due à M. Arthur G. Léonard et appliquée pour la première fois sur ce train. Il y a deux buttoirs formés de plongeurs pressés par de l'eau à 35 *kg* de pression par centimètre carré et réunis par un conduit de communication permettant la compensation dans les courbes. Il en résulte, paraît-il, une très grande stabilité. Aux plus grandes vitesses, le train n'éprouve aucune oscillation dans le sens transversal; on peut écrire sans difficulté dans tous les endroits du train et à tous les points du parcours.

Les voitures sont éclairées au gaz Pintsch et chauffées par une circulation de vapeur.

Le « Exhibition Flyer » ne marchait que depuis quelques jours, lorsqu'a été écrit l'article du *Railroad Gazette;* mais celui-ci fait observer justement que l'Empire State Express, faisant son service depuis vingt mois par toutes les saisons, il n'y a pas de raisons pour que le premier, dont les vitesses ne sont pas supérieures, ne maintienne pas son horaire.

En somme, on peut, avec ce nouveau train, réaliser ce qui eût paru une impossibilité absolue il y a peu de temps : partir de New-York un jour, à 3 heures de l'après-midi et y rentrer le surlendemain à 11 h. 15 du matin, après quarante-quatre heures quinze minutes d'absence, pendant lesquelles on a pu passer quatre heures à Chicago et parcourir 3 104 *km*, c'est-à-dire quelque chose comme la distance de Paris à Constantinople,

Économie dans l'emploi des wagons à grande capacité. — Les chemins de fer italiens ont, depuis quelque temps, commencé à employer des wagons américains à deux bogies, pouvant porter 30 *t* de charge utile. Le journal *Lavori Pubblici* apprécie comme suit les avantages résultant de l'emploi de ces véhicules pour le transport du charbon :

Si on prend pour base la quantité totale de charbon transportée au départ de Gênes, soit 1 152 975 *t*, si on emploie, comme par le passé, des wagons de 12 *t*, il faudra $\frac{1\,152\,975}{12} = 96\,081$ wagons, et, comme le retour se fait à vide, le chemin de fer aura finalement transporté, ces wagons ayant une tare de 7 1/2 *t* : $7\,1/2 \times 2 \times 96\,081 = 1\,441\,215$ *t* de poids mort, qui, avec la charge utile, représentent un poids total de 2 594 190 *t*.

Si le charbon avait pu être entièrement transporté dans des wagons de 30 *t*, il en aurait fallu $\frac{1\,152\,970}{30} = 38\,432$, et la tare de ceux-ci étant de 10 *t*, le poids mort aurait été de $10 \times 2 \times 28\,432 = 768\,040$ *t*, qui, ajoutées à la charge utile, donnent un total de 1 921 916 *t*.

L'emploi des wagons à grande capacité aurait donc donné une réduction de poids mort de 672 575 *t*. Sur la ligne partant de Gênes, le ton-

nage des trains ne dépasse pas 300 *t*, moteur non compris ; la différence trouvée représente donc $\frac{672\,575}{300} = 2\,262$ trains.

La plus grande partie de charbon débarquée à Gênes étant dirigée sur Turin et sur Milan, on doit compter sur un parcours d'au moins 150 *km* pour chaque train ; c'est donc 2 262 · 150 = 339 300 *km* de train, qui, comptés à 3 *f* chacun, font une somme totale de 1 017 900 *f*. Cette économie est déjà énorme ; mais il faut lui ajouter encore autre chose : avec les wagons de 30 *t*, on aurait eu 38 434 essieux et 76 868 roues et boîtes à graisse de moins à surveiller, 57 619 wagons de moins à peser et une très grande réduction dans l'entretien, l'usure, le graissage, etc., sans compter la moindre fatigue des voies, qui amène l'emploi des wagons à bogie à faible écartement rigide.

Distribution de force électrique et pneumatique. — La question de l'utilisation des forces hydrauliques et de leur transmission à distance est à l'ordre du jour un peu partout, mais surtout en Suisse, où elle cause une véritable fièvre. Un grand nombre de projets sont en élaboration, et on voit de tous côtés des concours ouverts. On peut citer, entre autres, le concours ouvert par les communes de Locle et de la Chaux-de-Fonds, pour l'élaboration de projets d'utilisation et de transport par l'électricité d'une partie des forces motrices de la Reuse, concours pour lequel les auteurs ont jusqu'au 31 août pour envoyer leurs projets à la Direction des Eaux et du Gaz de la Chaux-de-Fonds.

Un projet dont on s'occupe depuis plusieurs années déjà est l'utilisation des forces de l'Aar à Wynau pour une puissance de 2 000 *chx* environ qu'on enverrait à des distances diverses allant jusqu'à 20 *km*.

Ce qui constitue l'originalité de ce projet est le double mode de distribution. Si la distance à laquelle la force devait être envoyée n'avait pas dépassé 5 à 6 *km*, on aurait employé uniquement l'air comprimé, qui, d'après les auteurs, coûterait moins cher que l'électricité ; mais la distance maxima, qui atteint 20 *km*, devient prohibitive pour tout autre agent que l'électricité. On a donc proposé d'employer les deux, l'une pour les petites, l'autre pour les grandes distances.

Le courant électrique à haute pression serait envoyé dans des conducteurs aériens en cuivre de 3 à 6 *mm* de diamètre, dont les supports seraient isolés avec des précautions spéciales. Des transformateurs réduiraient le voltage de 8 000 à 100 ou 150 volts, au lieu d'emploi où la distribution du courant se ferait par des fils souterrains bien isolés.

Au bâtiment des turbines à Wynau seraient installés cinq compresseurs capables de fournir 2 500 m^3 d'air à l'heure à la pression de 8 *atm* ; deux conduites principales, l'une de 230, l'autre de 175 *mm* conduiraient cet air aux points de consommation. Ces conduites seraient en fonte et lisses, c'est-à-dire sans brides, les joints se faisant par des anneaux en caoutchouc et des colliers extérieurs. Les branchements aboutissant aux maisons seraient en plomb.

Les tarifs seraient : le cheval électrique, pour 3 000 heures par an, coûterait de 600 *f* pour un cheval et au-dessous à 175 *f* pour 200 *chx* et au delà, le cheval pneumatique coûterait à peu près le même prix ; au

mètre cube l'air comprimé se vendrait de 0,01 *f* pour 1 m^3 à l'heure à 0,005 *f* pour 11 m^3 et plus. Enfin, l'éclairage électrique par incandescence coûterait de 0,065 *f* par lampe-heure pour 1 à 9 lampes à 0,045 *f* pour 200 lampes et au delà.

Ce projet paraît avoir subi plusieurs modifications, car nous trouvons ces jours-ci les renseignements suivants dans les journaux suisses : « Deux projets ont été élaborés pour l'utilisation des chutes de l'Aar à Wynau. L'un, plus restreint, prévoit un canal de 350 *m* de longueur et une chute nette de 2,60 *m* avec un débit de 75,3 m^3 par seconde, soit 2 600 *chx* bruts. Il y aurait dix turbines qui, deux par deux, feraient marcher une dynamo de 400 *chx*. Avec le même débit d'eau le second projet, plus considérable, prévoit un canal de 2 000 *m* et une chute de 4,50 *m*, produisant une force de 3 300 *chx* utiles. Par la construction d'un second canal cette force pourrait être portée à 5 000 *chx*.

La situation centrale de Wynau, à proximité des lignes de chemins de fer les plus importantes, telles que le chemin de fer Central-Suisse, celui du Saint-Gothard et la ligne projetée du Jura-Gothard, une contrée très fertile avec une industrie très développée et une population aisée, garantissent la réussite du projet. Jusqu'à présent, le placement de 1 200 *chx* est assuré. Plusieurs établissements suisses et étrangers de premier rang concourent pour l'exploitation de cette force.

Notre collègue, M. G, Ritter, vient également de présenter un projet qui pourrait être d'une grande utilité pour le district de la Broye. Il propose d'aller prendre de l'eau dans la Sarine, près de Courtépin; et l'eau serait amenée par un tunnel de 4 300 *m* suivi d'un canal de 3 500 *m* à un réservoir situé au-dessus de Courgevaux. Une conduite en tôle de 1,50 *m* de diamètre donnerait 10 000 *chx* à répartir de Moudon et Estavayer à Morat et Aarberg. Cette force permettrait l'installation de nombreux établissements industriels et de l'éclairage électrique ; on songerait même à appliquer l'électricité aux chemin de fer de la région.

Navigation du Haut-Rhin. — La fabrique de machines de Bâle vient de construire un bateau-transport le *Basilea*, de 34 *m* de longueur, 5,20 *m* de largeur et 1,80 *m* de tirant d'eau. Ce bateau qui peut porter 175 *t* est destiné à opérer le transport direct des huiles de lin entre Amsterdam et Huningue, par le Rhin jusqu'à Strasbourg et par le canal du Rhône au Rhin et l'embranchement de ce dernier qui aboutit à Huningue. Le bateau a été mis à l'eau à Bâle et halé depuis cette ville jusqu'à Huningue. On sait que de Bâle à Strasbourg le Rhin n'est pas navigable, mais seulement flottable.

COMPTES RENDUS

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Avril 1893.

Note sur les **conditions du matériel roulant employé par les Compagnies de chemins de fer** pour faciliter la circulation des trains de grande vitesse, par M. Mesny, Ingénieur en chef des mines.

Cette note a pour objet de passer en revue les différentes modifications introduites plus ou moins récemment dans la construction des locomotives, telles que l'emploi de bogies et bissels, l'accroissement de puissance des machines par divers procédés et notamment le fonctionnement compound ; elle se termine par des considérations sur la diminution de résistance des trains par l'emploi de grandes voitures permettant de composer le train d'un petit nombre d'éléments semblables, convenablement attelés entre eux, stables par leur poids élevé, et présentant par leur uniformité le minimum de résistance. La réduction du nombre des véhicules pour la même capacité de transport et la faculté d'inscription radiale qu'on leur donne contribuent à diminuer les efforts de traction.

Cette note est datée de décembre 1891 ; elle semble toutefois remonter à l'Exposition de 1889, car bien des faits qui se sont produits, dans la question qui en fait l'objet depuis cette date, n'y figurent pas.

Note sur l'**erreur relative** qu'on commet en substituant dx à ds dans la **formule de Navier** (pièces courbes), par M. Bertrand, Ingénieur, ancien élève externe de l'École des Ponts et Chaussées.

La conclusion de l'auteur est que l'erreur qu'on commet n'atteint pas 1 0,0 lorsque le rapport de la flèche à l'ouverture de l'arc ne dépasse pas 0,25 ; au delà l'erreur augmente, mais elle ne dépasse jamais 2 à 3 0 0.

Notice sur la **distribution d'eau de la ville de Pithiviers**, par M. A. Debauve, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

La ville de Pithiviers était primitivement alimentée par des citernes particulières et par des puits publics, lesquels, vu la constitution géologique du pays, ne donnaient qu'une eau chargée de calcaires, impropre à la cuisson des aliments et au savonnage ; ces puits étaient de plus sujets à être contaminés par le voisinage des fosses d'aisances.

On ne pouvait songer à amener l'eau par dérivation, le plateau de la ville étant à l'attitude de 130 *m*, on résolut d'élever mécaniquement l'eau de source située à 3 *km*.

Les machines ont été installées près de ces sources dans un ancien moulin acquis par la ville. La population de Pithiviers étant de 5 000 habitants, à 100 *l* par jour et par habitant, on avait à prévoir un débit quotidien de 500 m^3 ; ce qui conduisait à un travail réel de moins de 7 *chx*. On a adopté deux machines à balancier de Woolf de MM. Windsor et fils de Rouen, avec deux chaudières cylindriques à bouilleurs timbrés à 5 *kg*. Ces machines refoulent dans une conduite de 0,192 *m* de diamètre intérieur; les conduites de distribution ont de 0,12 à 0,06. On a établi un réservoir aérien formé de deux cuves en tôle de 6,50 *m* de diamètre et 5 *m* de hauteur contenant 330 *m* ensemble. On a prévu trois autres réservoirs semblables ou un réservoir en maçonnerie pour avoir une plus grande réserve en cas d'un accident simultané aux deux machines élévatoires.

La dépense totale s'est élevée à 203 000 *f* dont 47 000 pour les machines et leurs bâtiments, 32 000 pour les réservoirs, 100 000 environ pour la canalisation.

Les abonnements sont faits moyennant : 1° une prime une fois payée variant de 65 à 80 *f* suivant le diamètre du tuyau de prise et 2° une redevance annuelle variable suivant le nombre de personnes que comprend le ménage ; on paye de plus une prime supplémentaire pour les voitures, les chevaux et les jardins suivant la contenance. Enfin les concessions industrielles sont réglées au compteur à raison de 0,15 *f* le mètre cube jusqu'à 2 000 m^3, 0,10 au delà de 2 000 m^3.

Ces travaux ont été terminés en 1885; depuis cette époque, les recettes qui ont été de 9 500 jusqu'à 11 700 *f* pour 1890 ont laissé environ 2 150 *f* de bénéfice à la ville pour cette dernière année.

Le résultat obtenu à ce point de vue confirme les observations faites sur un certain nombre de villes, savoir: que, dans une ville de moyenne importance, on peut compter sur un produit moyen de 1 *f* par tête d'habitant et, si l'eau est fournie à un prix modéré, si les anciens modes d'alimentation sont appelés à disparaître, on peut arriver à 2 *f* et même 2,50 *f*. C'est ce dernier prix qu'on a obtenu à Pithiviers.

Bulletin des **Accidents arrivés dans l'Emploi des appareils à vapeur** pendant l'année 1891.

Ce bulletin a déjà paru dans les *Annales des Mines* et nous l'avons donné dans les comptes rendus de mars 1893, page 462.

Une remarque sur la multiplication. — Il s'agit de remarques de nature à simplifier la multiplication de deux nombres composés chacun de beaucoup de chiffres; cette simplification consiste à décomposer les chiffres de manière à introduire le plus souvent possible les nombres 2 et 5 dont les produits sont très faciles à obtenir, et on remplace la plus grande partie du travail de multiplication par des additions. Ces remarques sont dues à M. Ed. Collignon, dont les initiales seules figurent au bas de la note.

ANNALES DES MINES

5e Livraison de 1893.

Législation étrangère. Prusse. — Loi du 24 juin 1892 modifiant diverses dispositions de la loi organique sur les mines du 24 juin 1865. Notice et traduction de M. Ignon, ingénieur en chef des mines.

Le but principal de la modification introduite par la nouvelle loi est de mettre, autant que possible, en conformité les prescriptions sur les relations entre exploitants et ouvriers des mines avec les prescriptions générales sur les relations entre patrons et ouvriers édictées par la *Gewerbeordnung* ou Ordonnance pour l'industrie, édictée pour tout l'Empire, le 1er juin 1891.

Discours prononcés aux funérailles de M. de Bourgeille, inspecteur général des mines en retraite, ancien secrétaire général du ministère des travaux publics, le 28 mars 1893, par MM. Lindon, vice-président du Conseil général des mines, et V. Paul, vice-président de la Société d'horticulture du département de Seine-et-Oise.

Note sur **Deux explosions de réciplents soudés**, par M. Ogly, ingénieur en chef des mines.

La première de ces explosions est celle du réservoir d'une locomotive sans foyer de la Compagnie lyonnaise de tramways et de chemins de fer, survenue le 11 janvier 1890. Ce récipient consistait en un corps cylindrique de 1,22 de diamètre et 1,92 m de longueur avec calottes embouties soudées au corps, lequel avait également sa tôle soudée suivant une génératrice.

L'explosion a eu lieu pendant le chargement, alors que la pression ne dépassait pas 13 *kg*. Cet accident a appelé l'attention de la commission centrale des machines à vapeur sur le système d'attache de la virole et des fonds, sur l'emplacement choisi pour les soudures et sur leur mode d'exécution, et cela d'autant plus qu'un second accident est venu confirmer les craintes que ce mode d'assemblage pouvait inspirer.

Il s'agit cette fois d'un récipient à gaz d'huile qui a fait explosion, le 29 août 1891 en gare de Tours Etat. C'était un réservoir soudé de 5,60 m de longueur et 1,13 m de diamètre, chargé normalement à 11 *kg*. Le fond s'est détaché d'une seule pièce et a été projeté à plus de 200 m.

Les enquêtes ont démontré qu'il n'y avait à mettre en cause ni l'excès de pression, ni la qualité ou l'épaisseur des tôles qui constituaient les appareils. On a donc été conduit par élimination à faire intervenir la solidité de l'assemblage des fonds et de la virole; des éprouvettes larges de 30 m m découpées dans le fond resté intact du réservoir de Tours ont montré que le refoulement du métal, dû au martelage lors du soudage donne naissance à deux bourrelets situés à la jonction des

deux tôles et comprenant entre eux une sorte de rainure. C'est au fond de cette rainure que se trouve la région soumise à une fatigue particulière résultant des mouvements de soufflet du fond, mouvements dont l'amplitude varie avec la pression intérieure. C'est le point de départ de déchirures qui finissent par amener la séparation du fond.

Des expériences faites sur le réservoir de Tours ont indiqué que ces déformations arrivaient à avoir une flèche de 3 *m/m*.

Pour éviter cet inconvénient, il suffit de modifier le travail du soudage des fonds en opérant ce soudage en arrière des plis raccordant les calottes sphériques à la paroi cylindrique et suivant des sections transversales de cette paroi. Les fonds deviennent ainsi de véritables fonds de chaudières, présentant au raccordement des deux surfaces le congé nécessaire à une bonne flexibilité. C'est le remède à adopter pour l'avenir. Quant aux réservoirs actuels, on doit les consolider par les moyens convenables. En résumé, les accidents signalés ne sont pas dus au mode d'assemblage de la virole et des fonds par soudage, mais simplement au mauvais choix de l'emplacement de la soudure et à son mode d'exécution.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

RÉUNION DE SAINT-ÉTIENNE

Séance du 6 mai 1893.

Cette séance a eu pour objet la visite des installations extérieures de la division de Meons de la Société des houillères de Saint-Étienne.

On peut signaler parmi les sujets les plus intéressants le puits du Bardot de 3,50 *m* de diamètre et 335 *m* de profondeur qui a à son origine un ventilateur de 5,15 *m* de diamètre marchant à 98 tours par minute et produisant une dépression de 48 *m/m* d'eau avec un débit de 22 à 24 m^3 à la seconde. Il est actionné directement par un moteur Biétrix à robinet distributeur. Un éjecteur Koorting, dont le débit atteint 65 0/0 de celui du ventilateur, sert d'appareil de secours en cas d'arrêt de ventilation.

La descenderie des remblais est armée d'un régulateur hydraulique Villiers; l'équilibre se fait par un câble inférieur plus lourd auquel, on se propose de substituer des chaines.

Le lavoir de Meons peut traiter 130 *t* de fines de 4 à 30 *m/m* en dix heures: il classe les produits en trois catégories : charbon, crus et schistes; les eaux de lavage passent dans une série de caisses en bois, disposées parallèlement à la voie de chargement et dont le fond est à la hauteur du bord supérieur du wagon; les schlamms abandonnés par l'eau s'accumulent dans ces bâches dont le vidage est de la sorte très simplifié.

Il y a également un criblage mécanique capable d'élaborer 200 *t* en huit heures de travail.

On peut encore signaler la pompe de Verpilleux du système Rittinger calculée pour élever, de 200 m, 5 000 m³ en vingt heures de marche. Il y a trois jets de 70 m chacun en moyenne. Les tiges sont constituées par des pièces en acier à section en I pesant de 46 à 89 *kg* le mètre courant.

L'atelier de carbonisation comprend 100 fours belges à 14 carneaux qui ont 6 m de longueur sur 0,66 m de largeur et 1,74 m de hauteur. Chaque four reçoit 3 758 *kg* de houille produisant 2 760 *kg* de coke, la durée de la carbonisation est de quarante-six heures. Les gaz sont envoyés à trois groupes de générateurs fournissant la vapeur à la machine motrice de la pompe de Verpilleux et à l'atelier de mélange.

L'atelier d'agglomération possède une presse Couffinhal à double compression, fabriquant en dix heures 70 *t* d'agglomérés de 6 *kg*. Le chauffage du mélange en charbon, brai et goudron, se fait dans deux fours Marsais qui reçoivent chacun, toutes les dix-neuf minutes, une charge de 750 *kg*. Un accumulateur assure le service des trois étages de l'usine et opère l'élévation des wagons chargés de briquettes au niveau de l'embranchement de l'Ave.

Communication de M. DE SATELIS sur la **préparation mécanique du minerai. - Trieuse magnétique oscillante** système Hugues Daviot.

Le système presque universellement employé pour l'enrichissement des minerais est le lavage et en somme les anciens procédés n'ont subi, dans l'application, que des perfectionnements de détail portant surtout sur la construction et l'aménagement.

L'auteur expose la théorie de la classification par densité et conclut que le vice de cette méthode réside dans un dilemme : si on cherche à opérer complètement la séparation des éléments, on arrive à multiplier les opérations et par suite à augmenter le prix de revient au point de stériliser les résultats économiques du traitement ; si on cherche à simplifier, c'est au détriment du rendement et on perd dans des cours produits invendables une partie des métaux qu'on devrait utiliser.

On a cherché à employer l'adhérence due au magnétisme pour séparer le fer des autres matières, et on a créé plusieurs classes d'appareils basés sur ce principe.

Dans les premiers, dits à attraction complète, la matière ferrugineuse attirable ou rendue telle par un grillage préalable se trouve appliquée par l'aimantation contre une paroi placée dans un champ magnétique et se déplaçant de manière à sortir de ce champ : ce sont les appareils Kessler, Humboldt, Siemens, Read, etc.

Dans d'autres, dits à attraction incomplète ou à déviation, les minerais fins sont déversés en poussière dans un champ magnétique qui dévie de la verticale les parties attirables.

Enfin, dans une troisième classe, dite à champ magnétique continu, l'arrachement de la matière ferrugineuse retenue sur des segments aimantés est opéré mécaniquement. L'appareil basé sur ce principe est

le trieur Vavin qui ne se prête malheureusement pas à un travail en grand.

La trieuse électro-magnétique Hugues Daviot se distingue à de nombreux points de vue des appareils précédents. Tandis que ceux-ci ont pour but de rendre l'opération continue, la trieuse Daviot se propose, au contraire, de réaliser le travail par alternances sur une quantité déterminée de minerai sur laquelle on opère une succession interrompue d'attractions. Dans toutes les autres trieuses, on fait passer des quantités constantes de minerai dans le champ magnétique. La matière ferrugineuse est attirée proportionnellement à l'intensité magnétique et, avec elle, une quantité assez importante de matière non attirable se trouve mécaniquement entraînée. Il s'ensuit que la matière attirée est relativement riche en matière non attirable et que, d'autre part, si, à un moment donné de la marche de la trieuse, la composition du minerai change, si le grillage a été mal où différemment fait, on continue l'opération en pure perte et sans aucun résultat. Avec la trieuse oscillante, au contraire, on peut contrôler à chacune des passes magnétiques l'effet du contact. On peut dire que l'ouvrier trieur opère avec sa brosse magnétique sur le minerai en poussière absolument comme il le fait avec la main sur le minerai en morceaux.

Le principe admis, il suffira d'indiquer que le trieur est essentiellement constitué par un électro-aimant à deux bobines parallèles recevant le courant d'une dynamo; cet aimant est suspendu à un bâti et est équilibré par un contrepoids; il se promène contre le fond courbe d'une table ; on conçoit que si l'ouvrier, ayant fait une succession de passes des dents qui terminent l'électro-aimant dans la matière placée sur la table courbe, laisse remonter vivement le trieur chargé, le choc qui se produit au contact avec un cornet détermine la séparation par force vive des matières non magnétiques entraînées mécaniquement par les matières attirables. Cette disposition, simple en principe, a dû être complétée pour le succès pratique par l'addition d'un dispositif dit trébuchet qui permet de régler d'avance le poids de ferrugineux qu'on doit extraire pour réaliser tel enrichissement de la matière qu'on veut obtenir du produit brut.

Aux mines du Laurium, on a appliqué ce système à la transformation en blendes commerciales des produits mixtes pyriteux contenant 20 à 22 0/0 de zinc.

Chaque trieuse consommait environ 2 1/2 à 3 ampères sous 40 volts. et on manœuvrevrait aisément 300 à 1 000 *kg* par journée de dix heures. Ces chiffres donnent un premier aperçu des résultats économiques qu'on peut attendre de ce traitement. L'appareil réunit, d'ailleurs, toutes les conditions requises pour une bonne utilisation pratique : simplicité de construction, coût modique, absence d'entretien, docilité extrême de fonctionnement, etc.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 22. — 3 *juin* 1893.

Elevations d'eau americaines, par A. Riedler.

Distributions composees radiales, par Frängel.

Installations electriques d'éclairage et de distribution de force à Boston, par A. Riedler *suite*.

Emploi des ventilateurs et aspirateurs contre la poussière et la fumee dans les ateliers americains, par Sommerguth.

Depense specifique de vapeur pour les diverses admissions au cylindre.

Groupe de Bochum. — Usines de la Societe de Bochum pour la construction des appareils de mines et la fabrication de l'acier fondu.

Groupe du Rhin inferieur. - Experiences sur les surchauffeurs. — Accident à une chaudière à vapeur.

Varietes. — Exposition universelle de Chicago en 1893. — Reunion generale de l'Association des Maitres de forges allemands, le 14 mai 1893. — Association allemande pour les questions de gaz et eaux.

N° 23. — 10 *juin* 1893.

Installations mecaniques de la mine Calumet et Hecla, par A. Riedler.

Transmission electrique de force de la filature de coton de Saint-Blaise, dans la Forêt-Noire.

Installations electriques d'eclairage et de distribution de force motrice à Boston, par A. Riedler *fin*.

Materiel de la meunerie à l'Exposition de Chicago, par F. Correll.

Emploi de la courbe elliptique du tirage, par R. Moller.

Production des trois basses temperatures, par E. Blass.

Groupe de Cologne. — Projet de loi sur les installations electriques. — Experiences sur les carneaux ondules.

Groupe du Palatinat-Sarbruck. — Disposition de sureté pour tubes de niveau d'eau.

Bibliographie. — Manuel d'electro-technique, par C. Grawinker et K. Strecker.

Varietes. — Observations sur le catalogue de F. Krupp à l'Exposition de Chicago. — Installations electriques en Suisse. — Ateliers americains, par Ad. Brunner.

Correspondance. — Cout d'une visite à l'Exposition de Chicago. — Calcul des courroies de transmission. — Matieres grasses dans les chaudieres.

N° 24. — 17 *juin* 1893.

Ordre du jour de la 34e Assemblée générale de l'Association des Ingénieurs allemands à Barmen et Elberfeld.

Machines à vapeur à l'Exposition de Chicago, par A. Riedler.

Les tramways à câbles en Amérique, par E. Reichel.

Installations mécaniques de la mine Calumet et Hecla, par A. Riedler *(fin)*.

Moulage des poulies en fonte, par R. Tafel.

Groupe de Mannheim. — Nouvelles machines-outils. — Fabrication des mosaïques.

Groupe de Siegen. — Chauffage au goudron.

Groupe de Wurtemberg. — Matières pour pansements. — Programme d'un Institut d'enseignement physique et technique.

Association des Chemins de fer. — Dépenses d'entretien des voies posées sur traverses métalliques.

Correspondance. — Proportion d'eau dans la vapeur. — Réglage des chauffages à vapeur à basse pression.

N° 25. — 24 *juin* 1893.

Machines à vapeur à l'Exposition de Chicago, par A. Riedler *(suite)*.

Etudes sur les forces hydrauliques en Amérique, par E. Reichel.

Les locomotives à l'Exposition de Chicago, par Ad. Brunner *(suite)*.

Expériences sur la transmission du calorique à travers les plaques tubulaires, par Görris.

Distributions composées, par Frängel *(fin)*.

Dispositions de mise en train pour volants, par M. Zechlin.

Correspondance. — Proportion d'eau dans la vapeur.

Variétés. — Installations électriques à Brême. — Chemin de fer électrique à Hanovre. — Institutions de prévoyance pour Architectes, Ingénieurs et Techniciens.

Pour la Chronique et les Comptes Rendus :

A. Mallet.

TABLE DES MATIÈRES

TRAITÉES DANS LE 1er SEMESTRE, ANNÉE 1893

(Bulletins)

Pages.

Adduction des eaux de l'Avre *Compte rendu de l'inauguration des travaux de l'* , par M. P. Jousselin, président de la Société (séance du 7 avril). 475

Album des photographies des membres de la Société (séance du 17 février) 176

Alimentation d'eau de Paris et de la banlieue et sur l'assainissement de la Seine *Vote sur l'* , par M. Ed. Badois (séance du 21 avril). Mémoire . . . . . 493 et 523

Ballons *Direction des* , par M. R. Soreau, observations de MM. Duroy de Bruignac, Haubtmann, D.-A. Casalonga, Gassaud (séances des 3 février, 7 et 21 avril). Mémoire . . . . . 172, 222, 481, 486 et 503

Bandage pneumatique en caoutchouc appliqué aux roues des véhicules, par M. Michelin, observations de MM. Anthoni, Gustave Richard, P. Jousselin (séance du 17 février). Mémoire . . . . 182 et 197

Bibliographie. Traité de la machine à vapeur et essais sur les machines à vapeur, par le professeur Thurston, traduit de l'anglais par MM. Demoulin et Bonnel, par M. Gustave Richard, et lettre de M. A. Mallet (séances des 5 mai et 16 juin . . . . . 504, 650, 658 et 670

Briques en magnésie d'Eubée *Les* , par M. A. Lencauchez, observations de MM. P. Regnard, P. Jousselin (séance du 17 février). . . . 180

Canal de la Baltique à la mer du Nord, par M. J. Fleury (séance du 2 juin). Mémoire. . . . . 687 et 717

Catalogue *Impression du* (séance du 2 juin) 683

Charpentes métalliques sur colonnes *Calcul rapproché des* , par M. E. Langlois, et observations de M. Bertrand de Fontviolant (séance du 20 janvier). Mémoire . . . . . 41 et 89

Chemins de fer *Emploi du téléphone dans les* , par MM. G. Dumont et E. Bernheim (séance du 3 mars). Mémoires. . . . . 317, 320 et 330

Chemins de fer *Appareils concernant la sécurité des* , par M. P. Regnard (séance du 17 mars). 350

Chroniques des mois de janvier, février, mars, avril, mai et juin, nos 157 à 162 . . . . . 126, 316, 447, 566, 636 et 746

Cinquantième année de service de M. Ch. Thouin à la Cie du Nord, paroles prononcées par M. P. Jousselin, président de la Société (séance du 16 juin) 667

Commerce extérieur de la France *Les moyens de développer le* , de M. Lescasse, analyse par Emile Bert (séance du 20 janvier). . . . 39

Comptes rendus des mois de janvier, février, mars, avril, mai et juin 137, 330, 458, 577, 669 et 763

Concours à l'École Diderot pour la situation d'Ingénieur-directeur (séance du 17 février) 176

Congrès des travaux maritimes *(Avis de l'ouverture et nomination des délégués de la Société au)* (séances des 7 et 21 avril, 2 juin) . 476, 489 et 684

Congrès de Vienne *(Unification des méthodes d'essai de matériaux)*, lettre de M. Bélélubsky, qui est désigné comme délégué de la Société (séances des 19 mai et 2 juin). . . . . 600 et 684

Décès de MM. de Brochocki, A. Cosyns, Jones Hodgson, J. Lebaudy, T. Agudio, A. Cabany, E. Blanpain, F. de la Rochette, A.-J. Belpaire, A. de Ibaretta, R. Cabanis, W.-J.-B. Mitchell, F.-E. Rolin, P. Caillard, T. Charlier, Ch.-R. Lorilleux, P. Doury, H.-A. Lambert, Ch. Armengaud, vice-amiral Paris, G.-Th. Hamelin, L.-J. Arnoldi, Ch. Beaucerf, L.-E. Desmarest, E. Prové, A. Lasalle, comte de Salis, Ch. Vaque, J. Verrine, V. Contamin (séances des 6 et 20 janvier, 3 et 17 février, 3 et 17 mars, 7 et 21 avril, 5 et 19 mai, 2 et 23 juin) . . . . . 36, 37, 169, 178, 346, 348, 474, 488, 594, 599, 683 et 707

Décorations françaises :

COMMANDEUR DE LA LÉGION D'HONNEUR : M. G. Richemont.

OFFICIER DE LA LÉGION D'HONNEUR : M. Ch.-A. Girard.

CHEVALIERS DE LA LÉGION D'HONNEUR : MM. Audebert, E. Beaudet, Boulogne, du Bousquet, F. Bourdet, F. Dehaître.

Décoration étrangère :

CHEVALIER D'ISABELLE LA CATHOLIQUE : M. Léon Beau.

(Séances des 6 et 20 janvier, 3 février) 37, 38, 170

Discours prononcé aux obsèques de M. Ch. Armengaud par M. D.-A. Casalonga. 562

Discours prononcés aux obsèques de M. V. Contamin, ancien président de la Société, par MM. Vainet, de Comberousse, Jousselin et A. Berthon . . . . . 739, 741, 743 et 744

Dons de bons de l'emprunt de 75 000 francs (séances des 3 et 17 février, 3 mars, 7 et 21 avril et 2 juin). 170, 176, 346, 474, 489 et 683

Don d'une somme de 500 francs en vue de la reconstruction de l'hôtel, par M. F. Robineau (séance du 7 avril). 475

Dureté des métaux et sa méthode de mesure fondée sur l'emploi du microscope, par M. Jannettaz (séance du 2 juin) 685

Électrique dans une usine *(Installation)*, par M. Houbigant (séance du 17 février) 177

Emprunt de 75 000 francs *(Dons de bons de l')* (séances des 3 et 17 février, 3 mars, 7 et 21 avril, 2 juin) . . . 170, 176, 346, 474, 489 et 683

Essieu radial à bielles de guidage, par M. N. de Tédesco (séance du 7 avril). 479

Exposition de Chicago *(Avis relatif au voyage des membres de la Société à l')* (séance du 3 février) 171

Exposition de pisciculture et de sauvetage, à Truro (Angleterre), lettre de M. Cacheux (séance du 3 février) 170

Exposition industrielle et artistique à Angoulême (séance du 3 mars) 346

Exposition universelle de 1900 *Emplacement à choisir et moyens de transport à adopter pour l'* , par M. D.-A. Casalonga, P. Villain, et observations de M. J. Charton (séance du 17 mars) . . . . . 330 et 336

Exposition universelle de 1900 à Asnières *Projet d'*, par M. Bernardet, et notes déposées à la Société par MM. Ch. Masson, E. Mariette, J. Pillet et lettre de M. Villain (séances des 17 mars, 7 avril et 2 juin) . . . . . 353, 474 et 683

Exposition des Champs-Élysées de 1893 *Le matériel agricole à l'* , par M. de Salis (séance du 21 avril). Mémoire . . . . . 493 et 535

Exposition d'hygiène à Dijon (séance du 19 mai). 600

Exposition de Lyon en 1894 *Le palais principal de l'*), par M. A. Léger 651

Exposition universelle d'Anvers en 1894, lettre de M. H. Bélard (séance du 16 juin). 698

Installation des membres du Bureau et du Comité. Discours de MM. P. Buquet et P. Josselin (séance du 6 janvier . . . . 4 et 20

Lettres de MM. H.-D. Woods et L. Périssé (séance du 17 mars). . 349

Locomotive électrique (*Note sur une*), par M. J.-J. Heilmann. 45

Machines à teindre (*Note sur les appareils et* , par M. J. Garçon . 627

Matériel agricole à l'Exposition des Champs-Élysées de 1893 *Le* (séance du 21 avril). Mémoire. . . . . 493 et 535

Médaille d'argent *Grande* décernée par la Société centrale des Architectes français à M. Michelin (séance du 2 juin) 683

Médailles d'or de la Société pour 1893. Proclamation des lauréats des Prix annuel, Alphonse Couvreux, Giffard 1878 prorogé en 1893, Giffard 1893 (séance du 2 juin) 686

Membres nouvellement admis . . 3, 168, 345, 473, 592 et 684

Nominations :

De M. de Chasseloup-Laubat, commissaire du gouvernement français pour l'organisation des Congrès à l'Exposition de Chicago pendant l'Exposition.

De Membres de la Commission consultative des Postes et Télégraphes.

De Membres de la Commission permanente de l'Agriculture.

De Membres de la Commission chargée d'étudier les diverses propositions ayant pour but de favoriser le fonctionnement ou la création des distilleries agricoles.

De Membre du Conseil supérieur de l'Instruction publique.

De Délégués français du Jury international des récompenses de l'Exposition de Chicago.

Séances des 3 et 17 mars, 21 avril et 2 juin). . . . 346, 348, 489 et 683

Notes techniques de nos Correspondants de la province et de l'étranger . . . . . 392, 440, 651 et 739

Notice nécrologique sur M. J. Belpaire 310

Notice nécrologique sur M. A. de Ibaretta y Ferrer, par M. Aug. Moreau 446

Ouvrages reçus. . . . . . 2, 166, 342, 471, 590 et 678

Participation aux bénéfices dans l'industrie (*Application pratique de la* , par M. Ch. Robert et M. Goffinon, et Observations de MM. Balas,

P. Buquet, Euverte, Féolde, J. Fleury, Gassaud, Remaury. Marguerite Delacharlonny, Émile Bert (séances des 19 mai et 2 juin). . . 601 et 682

Périodiques *(Liste des journaux et publications)* 149

Planches nos 85 à 91.

Pli cacheté *(Dépôt d'un)*, par MM. Edmond Léon Desroziers et André Hillairet (séance du 7 avril) 474

Pont à entretoisement supérieur *(Flexion des montants d'un)*, par M. Pierre Rey (séance du 7 avril). Mémoire . . . . . 478 et 498

Ponts métalliques à poutres continues *(L'action des vents sur les)*, par M. F. Chaudy. 621

Port de Tandjong Priok *(Java)*, par M. J. de Koning 302

Poutres continues *(Moments fléchissants dans les)*, par M. Bortrand de Fontviolant (voir Bulletin de décembre 1892), lettre de M. C. Canovetti (séance du 20 janvier). 38

Poutres en treillis à brides parallèles *(Nouvelles formules générales de déformation, permettant de calculer rigoureusement les)*, par M. L. Langlois 129

Prix Montyon décerné par l'Académie des Sciences à M. N. Raffard (séance du 6 janvier) 37

Prix Plumey décerné par l'Académie des Sciences à M. A. Normand (séance du 6 janvier). 37

Prix Giffard *(Nomination des membres du Jury du)* (séances des 6 et 20 janvier) . . . . . 37 et 39

Prix Giffard en 1896 *(Nomination de la Commission chargée de déterminer le sujet à proposer pour le)* (séance du 16 juin) 697

Prix Couvreux *(Nomination des membres du Jury du)* (séances des 6 et 20 janvier, 3 et 17 février) . . . . . 37, 39, 172 et 177

Prix Hodgkins fondé par la Smitshonian Institution de Washington (séance du 19 mai). 601

Prix et médailles d'or pour 1893, décernés aux lauréats des Prix annuel, Alphonse Couvreux, Giffard 1890 prorogé en 1893 et Giffard 1893 (séance du 16 juin). 696

Procédés Bertrand pour recouvrir d'oxyde magnétique et émailler le fer et les carbures de fer, par M. O. de Rochefort-Luçay. Observations de MM. du Bousquet, Gassaud et Bertrand (séance du 21 avril) 490

Pulvérisateurs contre les maladies cryptogamiques de la vigne, par M. M. Cazaubon, et observations de MM. P. Regnard, M. Perret et F. Bourdil (séances des 17 mars et 7 avril). Mémoire. 349, 423 et 478

Régulateurs de vitesse *(Les)*, par M. Ch. Compère, et observations de M. du Bousquet (séance du 20 janvier). Mémoire. . . . . 43 et 54

Résistance des terrains sablonneux aux charges verticales *(Note complémentaire sur la)*, par M. Yankowsky, présentée par M. H. Vallot (séance du 17 février). 177

Routes et leur entretien aux États-Unis, par M. H.-D. Woods. 440

Silos *(Note sur les greniers à)*, par M. A. Cornaille 437

Situation financière de la Société, par M. le Trésorier (séance du 2 juin). 690

Surchauffeur Schwœrer (*Le*), par M. Auguste Doumerc, et observations de MM. G. Thareau et P. Jousselin (séance du 17 février). Mémoire . . . . 178 et 187

Téléphone dans les chemins de fer (*Emploi du*), par M. G. Dumont et M. E. Bernheim (séance du 3 mars). Mémoire . . . 347, 360 et 390

Téléphonie militaire (*La*) et le système Charollois, par M. Ch. Haubtmann (séance du 19 mai) 601

Températures en chimie (*Le rôle des basses*), par M. R. Pictet, lettre de M. P. Berthot (séances des 5 et 19 mai) . . . . 594 et 598

Terrains sablonneux aux charges verticales (*Note complémentaire sur la résistance des*), par M. Yankowsky, présentée par M. H. Vallot (séance du 17 février). 177

Touage par adhérence magnétique par M. A. de Bovet (séances des 7 et 21 avril). . . . . 475 et 490

Tout à l'égout (*Le*), par M. Duvillard (séance du 21 avril). Mémoire 493 et 505

Tout à l'égout (*Le*), par M. E. Badois (séance du 21 avril). Mémoire 496 et 523

Tout à l'égout (*Discussion sur le*), par MM. Ch. Herscher, E. Trélat, Hallopeau, L. Thomas, E. Badois, P. Guéroult, S. Périssé, Duvillard, E. Chardon, J. Fleury (séances des 21 avril, 16 et 23 juin). 493, 701 et 707

Transport de 10 960 et 34 000 chevaux de force en Italie, par M. D. Federman 730

Unification des méthodes d'essai des matériaux (*Conférence de Vienne pour l'*). Avis de la désignation de M. Bélelubsky, comme délégué de la Société (séances des 19 mai et 2 juin) . . . . . . 600 et 684

Vélocipèdes (*Bandages pneumatiques en caoutchouc appliqués aux roues des*), par M. Michelin, et observations de MM. Anthoni, Gust. Richard et P. Jousselin (séance du 17 février). Mémoire . . . 182 et 197

Vigne (*Appareils mécaniques propres à combattre les maladies cryptogamiques de la*), par M. Cazaubon, et observations de MM. P. Regnard, M. Perret et F. Bourdil (séances des 17 mars et 7 avril). Mémoire 319, 423 et 478

Volants (*Emploi de l'assemblage à glissière dans la construction des*), par M. F. Chaudy 614

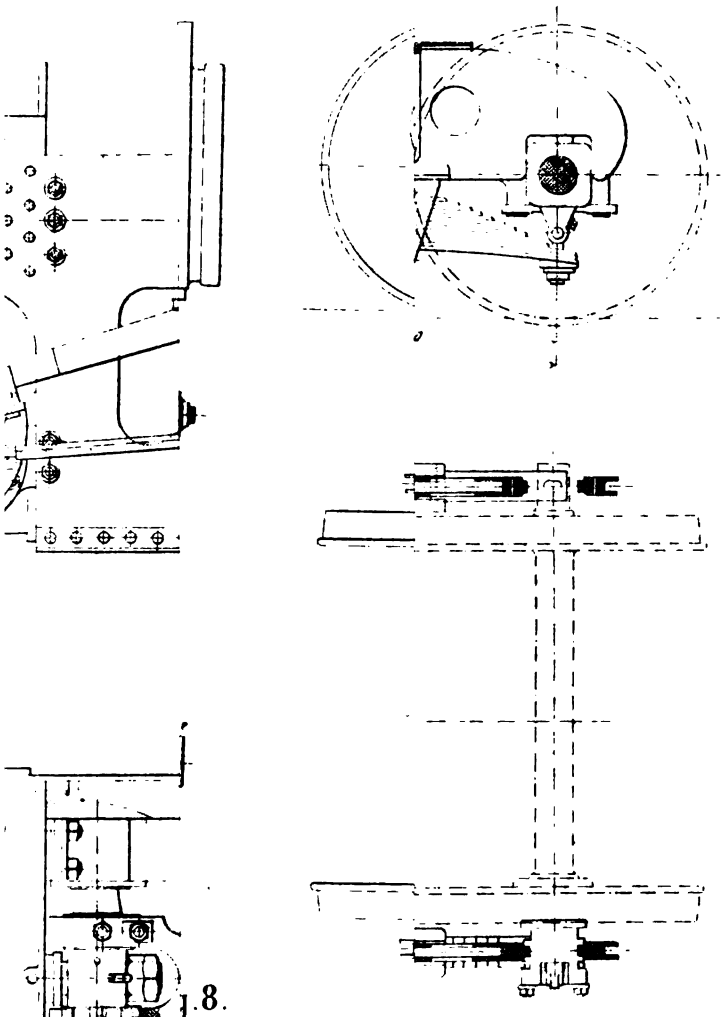
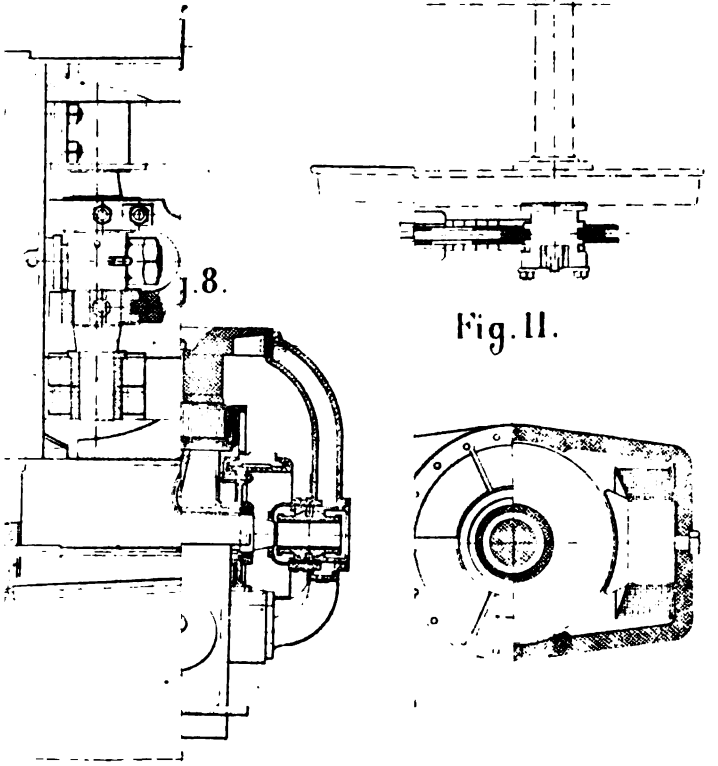
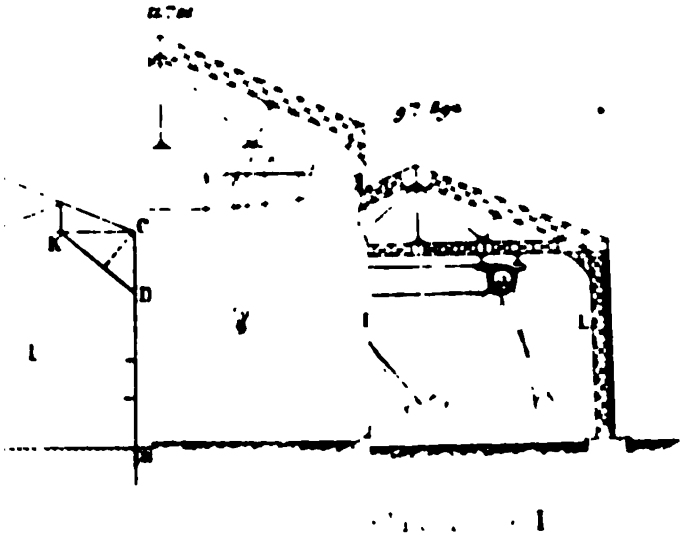
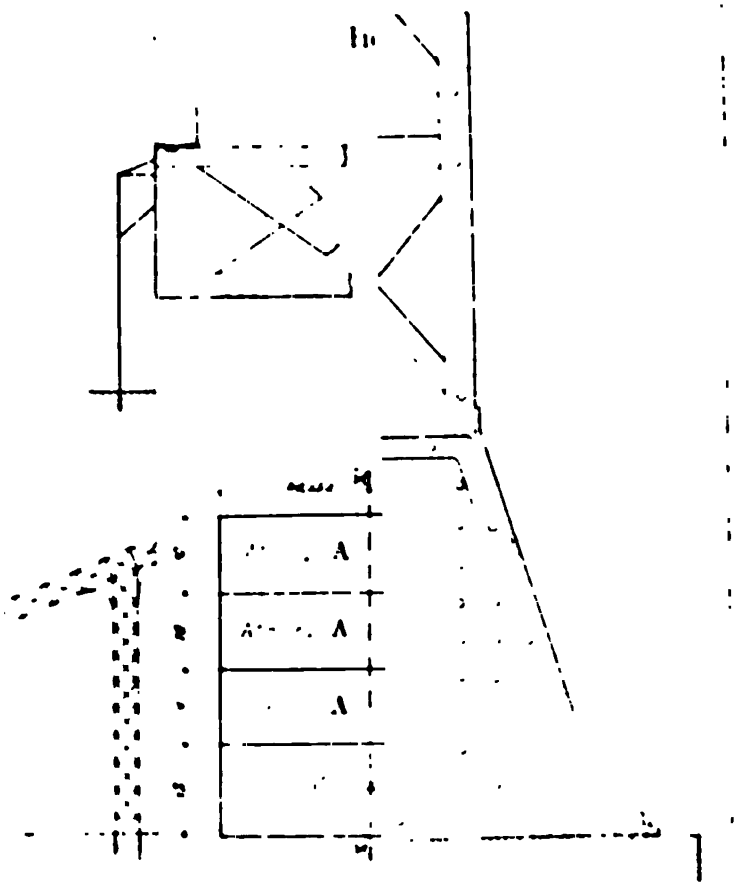


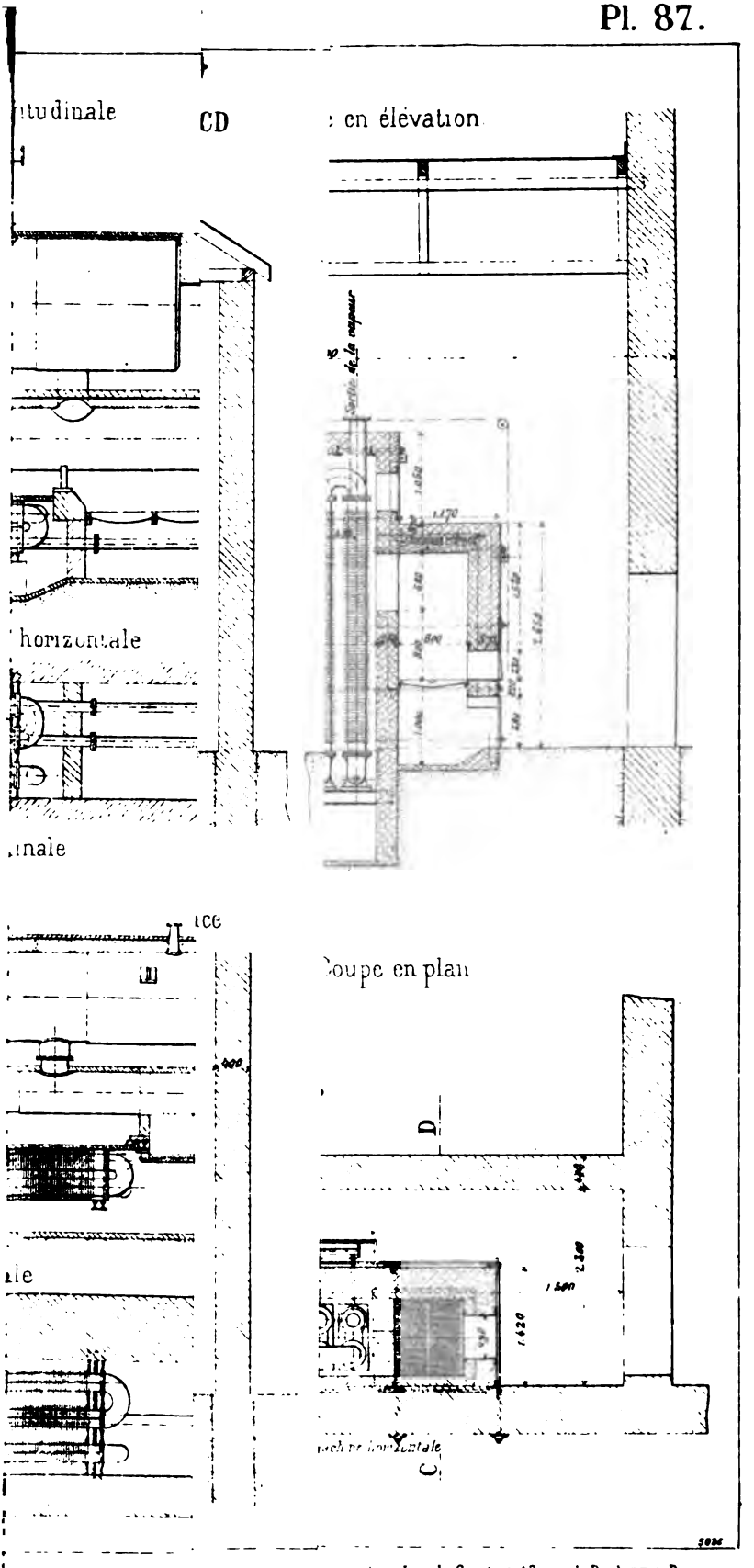
Fig. 11.



Imp. L. Courmont, 13, rue de Dunkerque, Paris

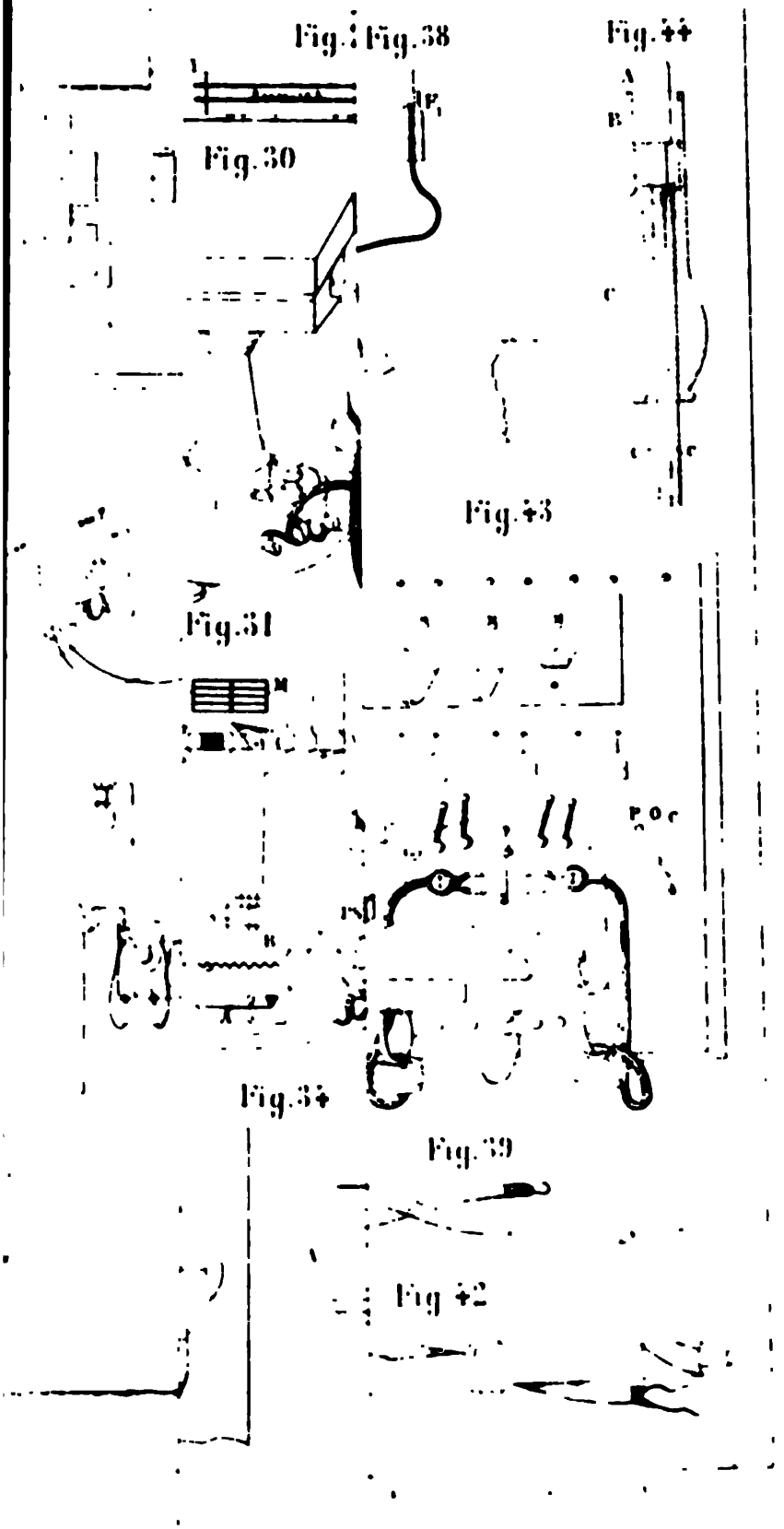

K
C
D
L

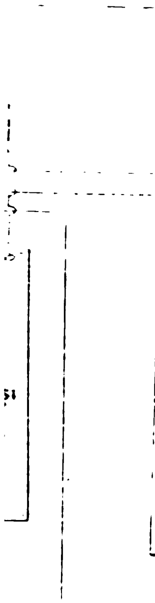




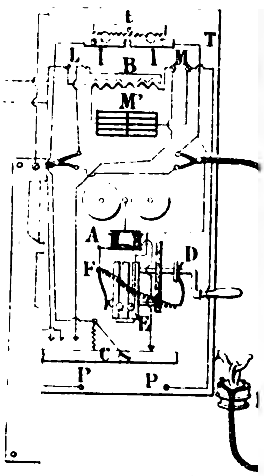
Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

Pl. 88.



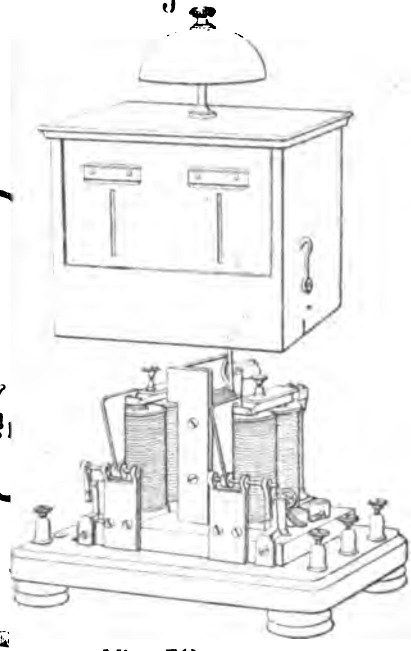


9



ig.69

Fig. 77



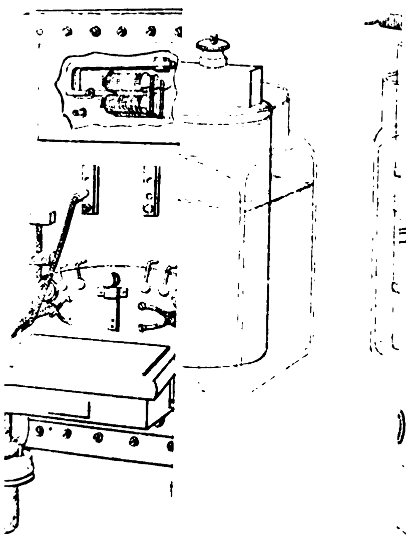
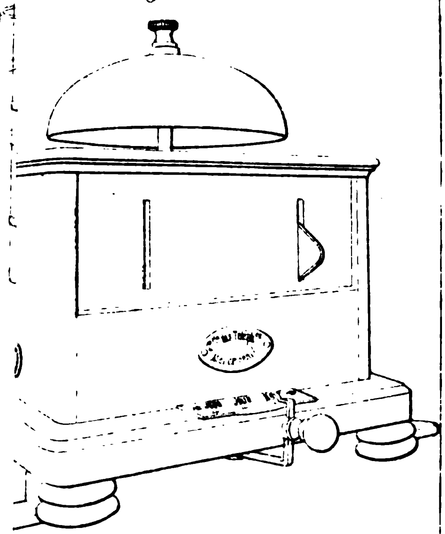


Fig. 78



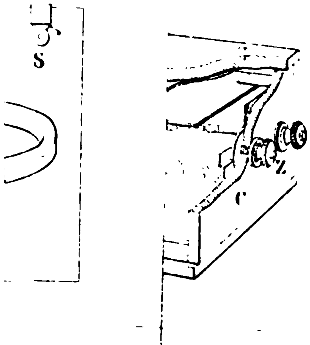
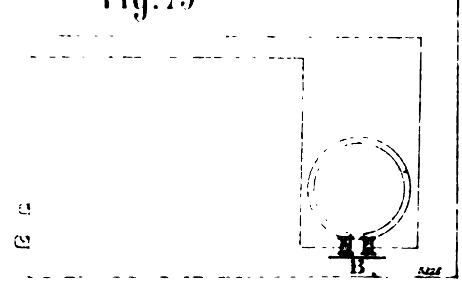


Fig. 79



Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque Paris.

risateur à traction

reil Vigouroux

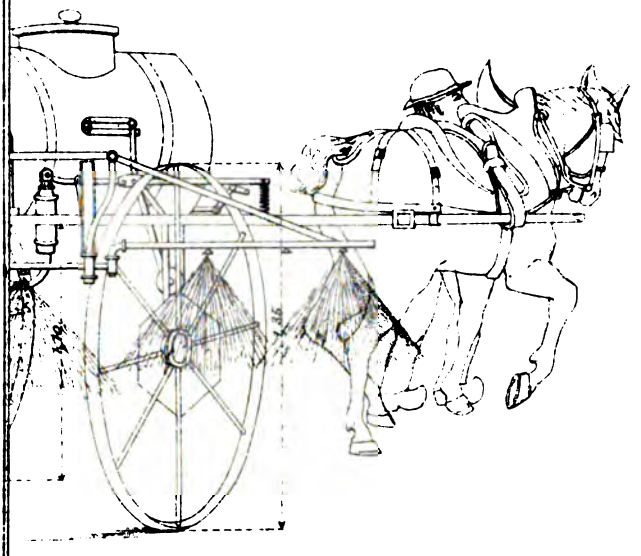
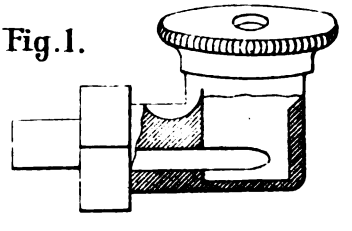


Fig.1 et 2. Jet Riley.

on.

Fig.1.



versé

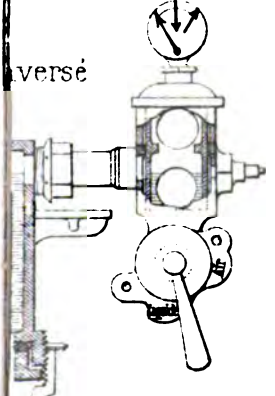


Fig.2..

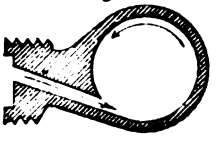
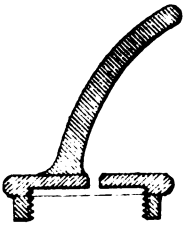


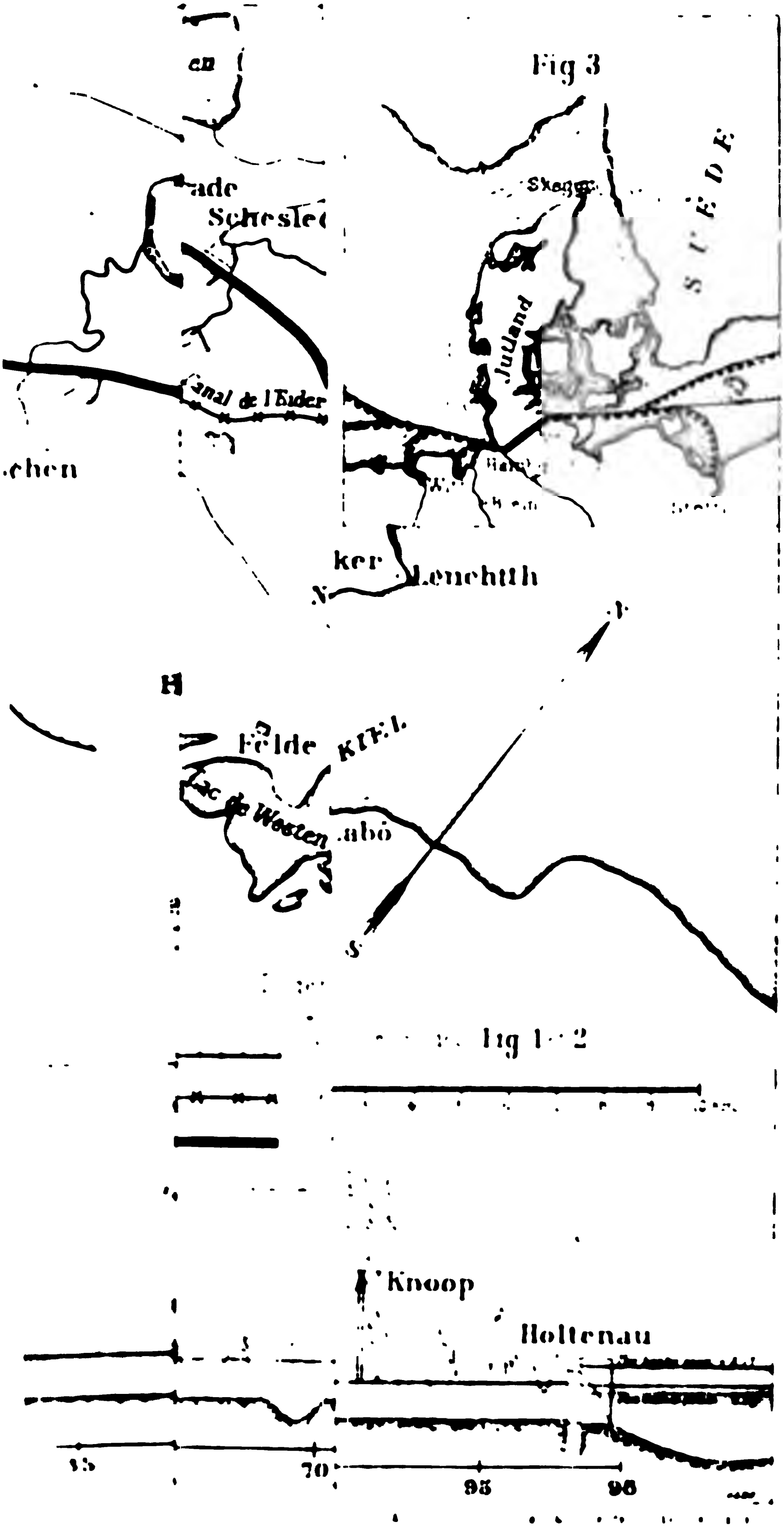
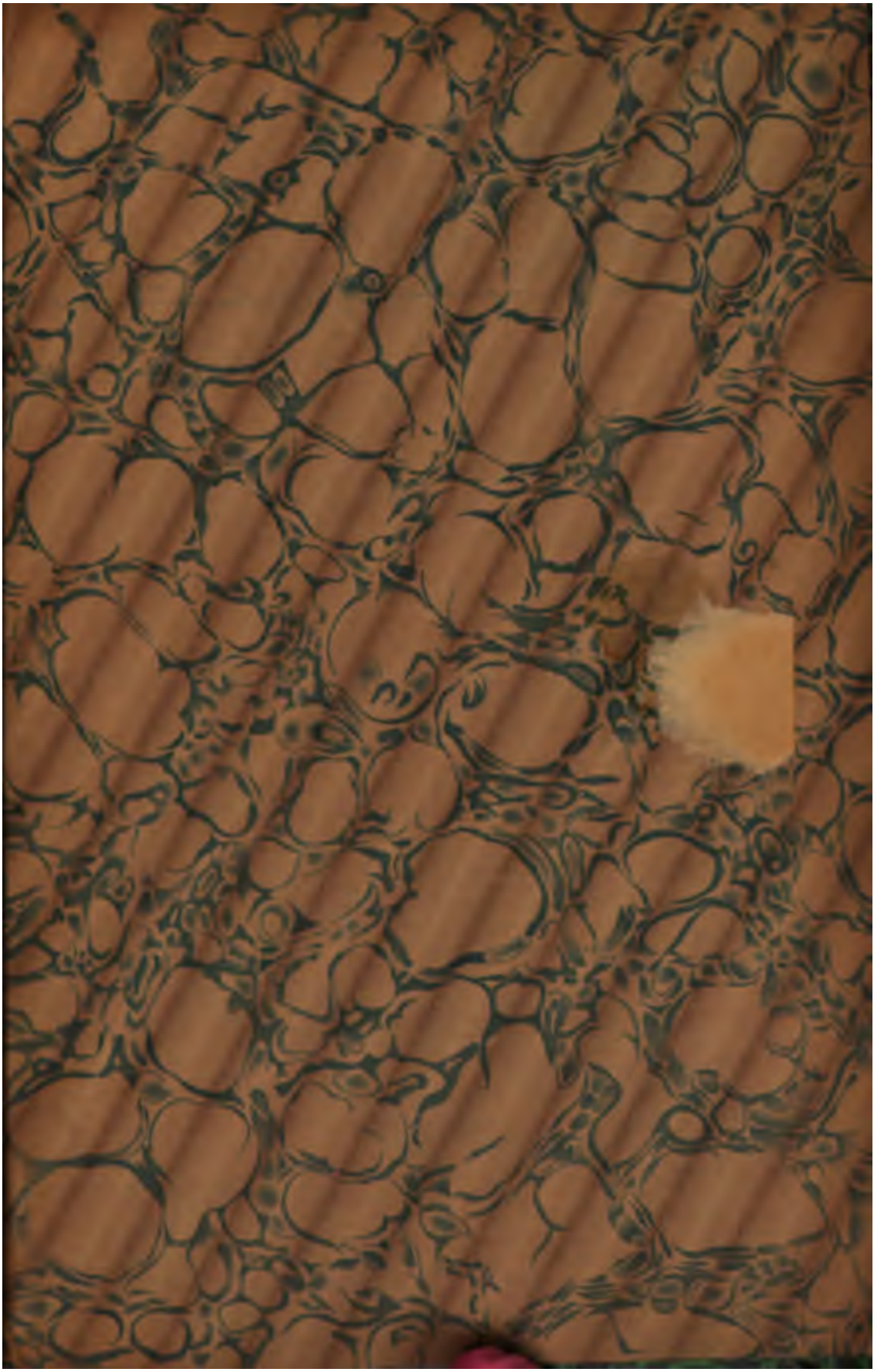
Fig.3. Jet Raveneau



6570

Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

Fig 3


Schesle
Canal de l'Eider
Jutland
ker Leuchtth
Felde
KIEL
Lac de Westen
Fig 1 - 2
Knoop
Holtenau
70
95
98